

Logiciel RETScreen® Manuel de l'utilisateur en ligne



Modèle pour projets de
chauffage à la biomasse



Contexte

Ce document est la version imprimable du manuel de l'utilisateur en ligne du logiciel RETScreen®. Le manuel de l'utilisateur en ligne est un fichier d'aide intégré au logiciel. L'utilisateur télécharge automatiquement ces fichiers d'aide du manuel en ligne en téléchargeant le logiciel RETScreen.

Reproduction

Ce document peut être reproduit entièrement ou partiellement sous n'importe quelle forme, sans permission spéciale, pour des usages éducatifs ou sans but lucratif, si la reconnaissance de la source est faite. Ressources naturelles Canada apprécierait recevoir une copie des publications utilisant ce document comme source. Cependant, certains éléments se trouvant dans ce document appartiennent à d'autres organismes. Dans de tels cas, certaines restrictions sur la reproduction d'éléments graphiques ou de matériels peuvent s'appliquer ; il peut être nécessaire d'obtenir la permission de l'auteur ou du détenteur de ces droits d'auteur avant la reproduction. Pour obtenir de l'information sur les restrictions applicables en cas de reproduction et la propriété des droits d'auteur, veuillez contacter RETScreen International.

Exonération

Cette publication, diffusée à des fins uniquement didactiques, ne reflète pas nécessairement le point de vue du gouvernement du Canada et ne constitue en aucune façon une approbation des produits commerciaux ou des personnes qui y sont mentionnées, quels qu'ils soient. De plus, le gouvernement du Canada, ses ministres, ses fonctionnaires et ses employés ou agents n'offrent aucune garantie et n'assument aucune responsabilité en relation avec cette publication.

ISBN : 0-662-74656-2

Catalogue no. : M39-119/2005F-PDF

© Ministre de Ressources naturelles Canada 1997-2005.

TABLE DES MATIÈRES

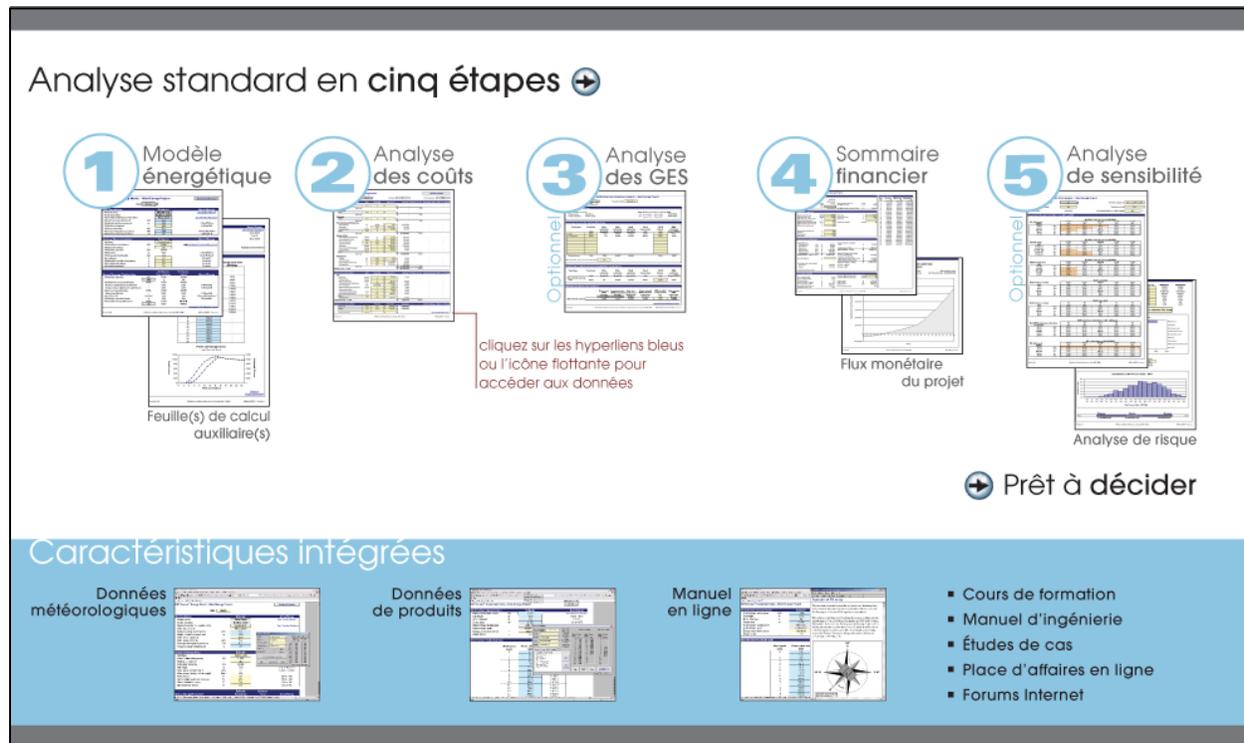
Brève description et organigramme	4
Modèle pour projets de chauffage à la biomasse	9
Modèle énergétique	10
Besoins en chauffage et conception du réseau de chauffage urbain.....	21
Analyse des coûts.....	41
Sommaire financier.....	69
Analyse des réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES)	86
Analyse de sensibilité et de risque	98
Données de produits.....	107
Données météorologiques	108
Données de coûts	110
Formation et aide	111
Conditions d'utilisation	112
Bibliographie	114
Index.....	115

Brève description et organigramme

RETScreen® International est à la fois un outil de sensibilisation aux énergies propres, d'aide à la décision et de renforcement des compétences. L'outil consiste en un logiciel normalisé et intégré d'analyse de projets d'énergies propres qui peut être utilisé partout dans le monde pour évaluer la production énergétique, les coûts du cycle de vie et les réductions d'émissions de gaz à effet de serre pour différentes technologies d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable (TÉR). Chaque modèle de technologie d'énergie propre RETScreen (p. ex. projet de chauffage à la biomasse, etc.) a été développé dans un classeur Microsoft® Excel individuel. Chaque classeur est ensuite composé d'une série de feuilles de calcul. Ces feuilles de calcul ont un aspect commun et suivent une démarche normalisée, commune à tous les modèles RETScreen. En plus du logiciel, l'outil comprend des bases de données (produits, coûts et données météorologiques), un manuel en ligne, un site Web, un manuel d'ingénierie, des études de cas et un cours de formation.

Organigramme

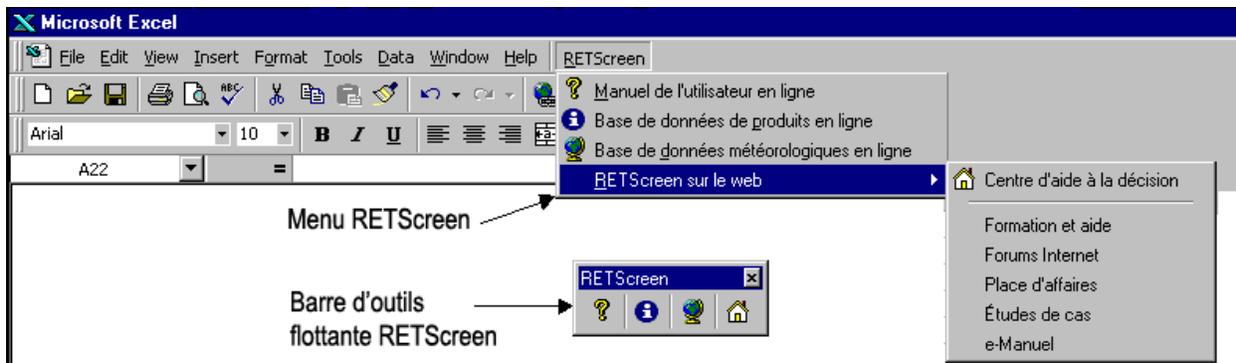
Compléter chaque feuille de calcul ligne par ligne de haut en bas en entrant des valeurs à l'intérieur des cellules de couleur. Pour se déplacer entre les feuilles de calcul, il suffit de cliquer sur les onglets du classeur au bas de l'écran ou de sélectionner les hyperliens (bleus et soulignés) se trouvant dans les feuilles de calcul. L'organigramme du modèle RETScreen est présenté ci-dessous.



Organigramme du modèle RETScreen

Accès aux données et à l'aide

L'utilisateur peut accéder au manuel en ligne, aux bases de données de produits et météorologiques via l'option RETScreen se trouvant dans la barre de menu Excel (voir figure ci-après). Les icônes se trouvant sur la barre de menu RETScreen sont aussi disponibles via la barre d'outils flottante RETScreen. Ainsi, l'utilisateur peut accéder aux données et à l'aide en cliquant sur les icônes correspondant du menu ou de la barre d'outils flottante RETScreen. Par exemple, pour accéder au manuel en ligne, l'utilisateur peut cliquer sur l'icône « ? ».



Menu et barre d'outils RETScreen

Le manuel en ligne RETScreen, ou l'option d'aide, est sensible à la position du curseur de la souris et fournit par conséquent l'information associée à la cellule où le curseur se trouve.

Code de couleur des cellules

L'utilisateur doit entrer des données dans les cellules de couleur des feuilles de calcul. Les autres cellules qui ne requièrent pas d'entrée de données sont protégées pour éviter que l'utilisateur efface malencontreusement une formule ou une cellule contenant une référence. Le tableau des codes de couleur des cellules de données d'entrée et de sortie de RETScreen est présenté ci-dessous.

<u>Cellules d'entrée et de sortie</u>	
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.

Code de couleur des cellules de RETScreen

Options monétaires

L'analyse d'un projet avec RETScreen peut se faire dans n'importe quelle monnaie choisie dans la cellule « Devise » de la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

L'utilisateur sélectionne la devise. Ce choix se répercutera sur toutes les cellules où des coûts sont impliqués dans le projet d'analyse. Par exemple, si l'utilisateur choisit « \$ », tous les champs d'ordre monétaire seront exprimés en \$.

L'option « Définie par l'utilisateur » permet d'entrer manuellement un autre symbole monétaire dans une cellule voisine à la liste déroulante « Devise ». L'entrée est limitée à 3 caractères (p. ex. \$US, £, ¥, etc.). Cette option offre aussi la possibilité d'utiliser des facteurs multiplicatifs qui aident la lecture des données financières de projets d'envergure (par exemple k\$ permet d'éliminer un facteur 1 000 dans la présentation des coûts en \$).

L'utilisateur peut également choisir « Aucune » pour n'utiliser aucune devise. Dans le cas des valeurs normalisées (p. ex. \$/kWh), l'unité monétaire sera remplacée par un tiret (-/kWh).

En désignant un pays dans la liste déroulante, on obtient automatiquement le code de devise à trois lettres de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), par exemple AFA pour l'Afghanistan. Généralement, les deux premières lettres caractérisent le pays (AF pour Afghanistan) et la dernière la monnaie (A pour Afghani).

Dans certains projets (par exemple lorsque plusieurs équipements sont importés mais que le reste du projet est acheté localement), il peut être pratique d'utiliser deux monnaies différentes. Pour ce faire, l'utilisateur peut utiliser l'option « Deuxième devise » dans la liste déroulante de la cellule « Coûts de référence ». Bien noter que ces colonnes sont données à titre indicatif seulement et n'ont aucune incidence sur les calculs et l'analyse des autres feuilles de calcul RETScreen.

Nom de l'unité	Symbole de l'unité
ampère	A
année	année
année personne	année-p
calorie	cal
degré Celsius	°C
degré Fahrenheit	°F
dollar	\$
gallon	gal
hectare	ha
hertz	Hz
heure	h
heure personne	h-p
horse-power	hp
joule	J
jour	j
jour personne	j-p
kilogramme	kg
kilomètre	km
kilowatt	kW
litre	L
livre	lb
livre par pouce carré	psi
mégawatt	MW
mètre	m
mille	mi
mille par heure	mi/h
million Btu	mmBtu
pascal	Pa
pied	pi
pied cube par minute	pi ³ /min
pourcentage	%
seconde	s
semaine	semaine
tonne	t
verge	vg
volt	V
voyage personne	voyage-p
watt	W

Nom du préfixe	Symbole du préfixe
kilo	k
méga	M
giga	G

Liste des unités, des symboles et des préfixes

Certains symboles de devises peuvent être difficiles à lire à l'écran (p. ex. €) ; ce problème est causé par la valeur du zoom applicable à la feuille de calcul. L'utilisateur peut augmenter le zoom de façon à voir correctement ces symboles. Habituellement, les symboles sont bien lisibles à l'impression même s'ils n'apparaissent pas correctement à l'écran.

Unités, symboles et préfixes

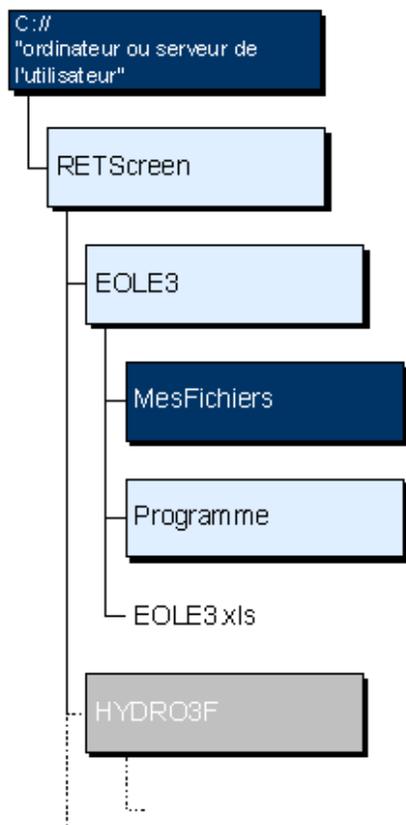
Le tableau précédent présente la liste des unités, des symboles et des préfixes qui sont utilisés dans les modèles RETScreen.

- Note :**
1. Le gallon (gal) utilisé dans RETScreen est le gallon américain et non le gallon impérial.
 2. La tonne utilisée dans RETScreen est la tonne métrique.

Sauvegarder un fichier

Pour sauvegarder un classeur RETScreen, il faut utiliser la procédure normale de sauvegarde d'Excel. Les fichiers d'origine des modèles RETScreen ne peuvent pas être sauvegardés sous leur nom de distribution original. Cette procédure a été mise en place pour éviter que l'utilisateur n'écrase son fichier « maître ». Ainsi, l'utilisateur devra utiliser l'option « Fichier, Enregistrer sous ». L'utilisateur pourra donc, de cette façon, sauvegarder le fichier sur un disque dur, une disquette, un cédérom, etc. Toutefois, il est recommandé de sauvegarder les fichiers dans le répertoire « MesFichier » qui a automatiquement été créé sur le disque dur par le programme d'installation RETScreen.

La procédure de téléchargement est présentée dans la figure suivante. L'utilisateur peut aussi visiter le site Web RETScreen à www.retscreen.net pour obtenir plus d'information sur la procédure de téléchargement. Il est important de noter que l'utilisateur ne doit pas changer les noms des répertoires et l'organisation des fichiers qui ont automatiquement été définis par le programme d'installation RETScreen. De plus, l'utilisateur doit éviter de déplacer le fichier du programme principal RETScreen, ainsi que les autres fichiers du répertoire « Programme », ce qui risquerait de causer une incapacité à accéder au manuel de l'utilisateur en ligne ou aux bases de données météorologiques et de produits RETScreen.



Procédure de téléchargement de
RETScreen

Imprimer un fichier

Pour imprimer un classeur RETScreen, il faut utiliser la procédure normale d'impression d'Excel. Les feuilles de calcul des classeurs ont été configurées à un format d'impression de dimension lettre et une qualité d'impression de 600 dpi. Si l'imprimante utilisée a une différente définition de qualité d'impression, l'utilisateur doit alors sélectionner « Fichier, Mise en page, Page et Qualité d'impression » et choisir la qualité d'impression propre à cette imprimante. Cette procédure devrait éliminer les problèmes de qualité d'impression des feuilles de calcul.

Modèle pour projets de chauffage à la biomasse

Le modèle RETScreen® International pour projets de chauffage à la biomasse peut être utilisé pour évaluer la production d'énergie (ou les économies d'énergie), les coûts globaux sur le cycle de vie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre de projets de chauffage utilisant la biomasse ou la récupération de chaleur. Les applications de ces systèmes de chauffage peuvent comprendre aussi bien des projets de grande envergure, comprenant plusieurs groupes de bâtiments que des projets pour un seul bâtiment. Le modèle peut être utilisé pour évaluer trois configurations de systèmes utilisant comme source d'énergie : des rejets thermiques, de la biomasse ou une combinaison de biomasse et de rejets thermiques. Le modèle permet aussi d'inclure un « système de chauffage de pointe » (p. ex. une chaudière au mazout) et d'analyser une large gamme de systèmes avec ou sans réseau de chauffage urbain.

Le modèle RETScreen pour projets de chauffage à la biomasse contient six feuilles de calcul : *Modèle énergétique*, *Besoins en chauffage et conception du réseau de chauffage urbain (Besoins en chauffage et réseau)*, *Analyse des coûts*, *Analyse des réductions d'émissions de gaz à effet de serre (Analyse des GES)*, *Sommaire financier* et *Analyse de sensibilité et de risque (Sensibilité)*.

Les feuilles de calcul sont remplies dans l'ordre suivant : *Modèle énergétique*, *Besoins en chauffage et réseau*, *Analyse des coûts* et *Sommaire financier*. Les feuilles de calcul *Analyse des GES* et *Sensibilité* sont des analyses optionnelles. La feuille de calcul *Analyse des GES* est fournie pour aider l'utilisateur à évaluer l'atténuation potentielle de gaz à effet de serre engendrée par le projet proposé. La feuille de calcul *Sensibilité* est fournie pour aider l'utilisateur à évaluer la sensibilité de certains indicateurs financiers aux paramètres techniques et financiers importants du projet. En général, les feuilles de calcul sont remplies du haut en bas et le processus peut être répété aussi souvent que nécessaire pour optimiser la conception du projet au niveau des coûts et de l'utilisation de l'énergie.

En plus des feuilles de calcul nécessaires à l'exécution du modèle, une feuille de calcul *Introduction* et des *Feuilles de calcul vierges (3)* sont comprises dans le classeur du projet de chauffage à la biomasse. La feuille de calcul *Introduction* donne à l'utilisateur un bref aperçu du modèle. Les *Feuilles de calcul vierges (3)*, quant à elles, permettent à l'utilisateur de préparer avec RETScreen une analyse de projet personnalisée. Par exemple, ces feuilles de calcul peuvent être utilisées pour entrer plus de détails sur le projet, pour préparer des graphiques et pour réaliser une analyse de sensibilité plus détaillée.

Modèle énergétique

Dans cette section du logiciel RETScreen d'analyse de projets sur les énergies propres, les feuilles de calcul *Modèle énergétique* et *Besoins en chauffage et conception du réseau de chauffage urbain* aident à calculer la production annuelle d'énergie d'un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique en fonction des caractéristiques du site et des paramètres du système. Le modèle présente les résultats en mégawatts-heure (MWh) pour faciliter la comparaison entre différentes technologies.

Caractéristiques du site

Les paragraphes qui suivent, présentent les caractéristiques prises en compte par le modèle pour estimer la production annuelle d'énergie d'un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique.

Nom du projet

L'utilisateur entre le nom du projet à titre de référence seulement.

Pour plus d'information concernant l'utilisation du manuel en ligne, de la base de données de produits et de la base de données météorologiques RETScreen, voir la section « Accès aux données et à l'aide ».

Lieu du projet

L'utilisateur entre cette information pour référence seulement.

Station météorologique la plus proche du projet

L'utilisateur entre le nom de la station météorologique la plus proche dans la feuille *Besoins en chauffage et réseau*, cette information est automatiquement copiée dans la feuille *Modèle énergétique*.

Note : Arrivé à ce point, l'utilisateur doit compléter la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau*.

Nombre de bâtiments

Le modèle calcule le nombre total de bâtiments à partir des données entrées dans la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau*.

Longueur totale des tuyaux

Le modèle calcule la longueur totale des tuyaux à partir des données entrées dans la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau*. La longueur totale des tuyaux est égale à la somme de « Longueur totale des tuyaux de la ligne principale » et « Longueur de la section de tuyaux » des lignes de distribution secondaires (une tranchée contient un tuyau d'alimentation et un tuyau de retour).

Demande énergétique totale en chauffage

Le modèle calcule la demande énergétique totale en chauffage à partir des données entrées dans la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau*.

Conversion d'unités : L'utilisateur peut choisir d'exprimer la demande énergétique totale en chauffage dans une autre unité en sélectionnant parmi la liste d'unités proposées : « GWh », « Gcal », « million Btu », « GJ », « therm », « kWh », « hp-h », « MJ ». Cette valeur est donnée à titre de référence seulement et n'est pas requise pour exécuter le modèle.

Charge de pointe en chauffage

Le modèle calcule la charge de pointe en chauffage à partir des données entrées dans la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau*.

Conversion d'unités : L'utilisateur peut choisir d'exprimer la charge de pointe en chauffage dans une autre unité en sélectionnant parmi la liste d'unités proposées : « MW », « million Btu/h », « hp chaudière », « tonne de réfrigération », « hp », « W ». Cette valeur est donnée à titre de référence seulement et n'est pas requise pour exécuter le modèle.

Paramètres du système

Le modèle peut évaluer différents types de systèmes constitués de chaudières à la biomasse ainsi que des systèmes de récupération thermique. Ces systèmes sont composés des éléments suivants :

1. Système de récupération thermique ;
2. Système de chauffage à la biomasse conçu pour répondre à une majeure partie des besoins annuels d'énergie ;
3. Système de chauffage de pointe conçu pour répondre à la demande de pointe, mais qui comblera une faible partie des besoins annuels d'énergie ;
4. Système de chauffage de secours (optionnel) qu'on peut utiliser en cas de panne de l'installation ou d'interruption du système de récupération thermique ou d'interruption de l'approvisionnement en biocombustible.

Les paramètres qui servent à estimer la production annuelle d'énergie du système envisagé à la biomasse et/ou de récupération thermique sont décrits en détail ci-après. Ils entrent dans quatre catégories : système de récupération thermique, système de chauffage à la biomasse, système de chauffage de pointe et système de chauffage de secours.

Type de système

L'utilisateur sélectionne le type de système à partir des options présentées dans la liste déroulante : « Système de récupération thermique », « Système de chauffage à la biomasse » et « Système de chauffage à la biomasse avec récupération thermique ».

Le modèle suppose que le type de système sélectionné répondra à la majeure partie des besoins annuels d'énergie et que le système de chauffage de pointe répondra à l'autre partie (c.-à-d. à la demande de pointe). Dans le cas d'un système combiné de chauffage à la biomasse avec récupération thermique, le modèle suppose que toute l'énergie thermique récupérée est utilisée en priorité et la demande de chauffage est complétée, si nécessaire, par le système à la biomasse qui agit comme un système auxiliaire.

Le graphique de type histogramme « Contribution des système » fait un bilan sommaire des performances du système modélisé. La barre verticale gauche de l'histogramme présente le pourcentage des puissances thermiques installées de chaque sous-système (système de récupération thermique, système de chauffage à la biomasse et système de chauffage de pointe). Cette barre peut dépasser 100 % pour permettre un surdimensionnement du système de chauffage. La barre verticale droite de l'histogramme présente le pourcentage de l'énergie fournie par chaque sous-système. Cette barre ne peut pas dépasser 100 %.

Système de récupération thermique

Il existe plusieurs sources d'énergie potentiellement récupérable. Le modèle ne distingue pas l'origine de la source, il suppose que l'énergie récupérable est disponible en tout temps et qu'elle sert à combler la demande de base du système.

Comme sources typiques, on peut citer la récupération d'énergie sur un procédé industriel, sur un groupe frigorifique et sur une génératrice électrique (le plus souvent utilisé). Par exemple, dans le cas d'une génératrice électrique avec moteur à piston, la récupération sur les gaz d'échappement, sur le liquide de refroidissement et sur l'huile peut être équivalente à la puissance à l'arbre du moteur.

Puissance du système de récupération thermique

L'utilisateur entre la puissance du système de récupération thermique disponible, en kW. Cette valeur est reportée vers la feuille de calcul *Analyse des coûts*. Par exemple, une génératrice électrique au diesel d'une puissance de 500 kW électrique, qui est utilisée pour fournir la charge de base en chauffage, fournira environ une puissance récupérable en énergie thermique de

500 kW. Pour se guider, l'utilisateur peut se servir du graphique « Contribution des systèmes », tel que présenté dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Énergie de récupération fournie

Le modèle calcule l'énergie de récupération fournie, en MWh. L'énergie de récupération fournie est la quantité d'énergie annuelle fournie par le système de récupération thermique.

% de la charge de pointe en chauffage

Le modèle calcule la contribution du système de récupération thermique à combler la charge de pointe en chauffage, en %.

% de la demande énergétique totale en chauffage

Le modèle calcule la contribution du système de récupération thermique à combler la demande énergétique totale en chauffage, en %.

Système de chauffage à la biomasse

La biomasse peut être disponible sous différentes formes. Le modèle peut évaluer l'énergie qui est disponible dans pratiquement toutes les sources de biomasse. La biomasse peut être constituée d'un mélange de plusieurs types de biocombustibles, de différents grosseurs et avec différents taux d'humidité. Par contre, ce mélange doit rester constant dans le temps. Si le biocombustible (ou le mélange de biocombustibles) change, le système de chauffage devra être réajusté afin de maximiser son efficacité et de minimiser les émissions des gaz de combustion.

Type de biomasse

L'utilisateur choisit le type de biomasse à partir des options présentées dans la liste déroulante. Si le type de biomasse envisagé pour le projet n'est pas disponible dans la liste déroulante, l'utilisateur peut choisir à partir du tableau, un autre type qui a le même pouvoir calorifique de combustion que celui envisagé. Le tableau montre le pouvoir calorifique supérieur de différents types de biocombustibles en supposant qu'ils sont secs.

Type de combustible	Rendement (MJ/t)
Bagasse	18 369
Tourbe	20 147
Écorce de riz	14 622
Mauvaise herbe	17 933
Paille de blé	17 702
Bois - rendement élevé	19 760
Bois - rendement bas	18 673
Bois - rendement moyen	17 723

Type de biomasse et pouvoir calorifique correspondant

Le pouvoir calorifique de la biomasse peut changer selon son origine. Typiquement, l'écorce de bois a un meilleur pouvoir calorifique que le bois blanc (sans l'écorce). Le pouvoir calorifique de la biomasse diminue avec le temps, et ce, à partir du moment de sa récolte.

Teneur en eau de la biomasse humide

L'utilisateur entre la teneur en eau de la biomasse humide destinée à alimenter le brûleur du système de chauffage à la biomasse. Cette valeur est exprimée en %.

La teneur en eau du bois varie généralement de 10 à 50 %, et elle est en moyenne de 40 à 55 % dans les copeaux de bois fraîchement produits. Un combustible ayant une teneur en eau de 30 à 40 % après séchage est idéal pour la plupart des petits brûleurs commerciaux [Sykes, 1997]. La teneur en eau du bois biocombustible est normalement exprimée par rapport à l'état humide. Dans certains cas, il se peut que l'utilisateur connaisse la teneur en eau du combustible à l'état sec plutôt qu'à l'état humide (c'est-à-dire le rapport en pourcentage kg (eau)/kg («biomasse sèche » ou «extrait sec de la biomasse ») ; le cas échéant, il faut effectuer la conversion suivante : teneur en eau de la biomasse à l'état humide = teneur en eau de la biomasse à l'état sec/(1 + teneur en eau de la biomasse à l'état sec (en %)).

Généralement, un biocombustible qui a une teneur en eau supérieure à 50 ou 55 % doit être séché avant utilisation.

Pouvoir calorifique de combustion

Le modèle calcule le pouvoir calorifique de combustion de la biomasse à l'état humide à partir du pouvoir calorifique de la biomasse à l'état sec, et de la teneur en eau.

Le pouvoir calorifique de la biomasse à l'état humide est défini comme le contenu énergétique d'une tonne de biocombustible particulier à l'état humide. La valeur obtenue sert à calculer les besoins annuels en biocombustible du système. Le pouvoir calorifique de la biomasse à l'état humide varie généralement de 10 800 à 15 900 MJ/t. Le pouvoir calorifique de la biomasse est inversement proportionnel à sa teneur en eau [Hayden, 1997].

Puissance de chaudière(s) à biomasse

L'utilisateur entre la puissance de la (ou des) chaudière(s) à biomasse. Le modèle considère que cette puissance correspond à la puissance de sortie de la chaudière (les chaudières à biomasse sont généralement identifiées selon leur puissance de sortie). Pour se guider, l'utilisateur peut se servir du graphique « Contribution des systèmes », tel que présenté dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*. La valeur entrée sous ce sujet est reportée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*. Si plusieurs chaudières sont envisagées dans le projet, la valeur entrée doit être égale à la somme des puissances de toutes les chaudières. Pour obtenir plus d'information ou pour ajuster le nombre de chaudières selon leur disponibilité sur le marché, l'utilisateur peut aussi consulter la base de données de produits en ligne RETScreen.

Manufacturier de chaudières à biomasse

L'utilisateur entre le nom du manufacturier de la (ou des) chaudière(s) à biomasse. Cette information n'est donnée qu'à titre de référence seulement. Pour plus d'information l'utilisateur peut aussi consulter la base de données de produits en ligne RETScreen.

Modèle de chaudière(s) à biomasse

L'utilisateur entre le nom du modèle de la (ou des) chaudière(s) à biomasse. Cette information n'est donnée qu'à titre de référence seulement. Pour plus d'information l'utilisateur peut aussi consulter la base de données de produits en ligne RETScreen.

Rendement saisonnier de chaudière(s)

L'utilisateur entre la valeur du rendement saisonnier de la (ou des) chaudière(s) à biomasse. Cette valeur est généralement moindre que celle du rendement des chaudières à biomasse en régime permanent car elle tient compte de tous les régimes d'opération, incluant les départs et arrêts du système. Le rendement saisonnier dépend aussi de la chaudière choisie et de la température d'opération du système. Il sert à estimer la quantité de biocombustible dont le système de chauffage à biomasse aura besoin pour combler la charge qui lui sera imposée. Les valeurs typiques du rendement saisonnier des chaudières à biomasse vont de 60 à 90 % [Hayden, 1997]. En général, le rendement saisonnier de deux chaudières travaillant en tandem est supérieur à celui d'une chaudière unique. Le rendement saisonnier peut également être plus élevé lorsque le pourcentage de la charge de pointe assuré par la biomasse est plus faible, amenant les chaudières à biomasse à travailler plus longtemps en régime permanent. Pour plus d'information l'utilisateur peut aussi consulter la base de données de produits en ligne RETScreen.

Énergie de biomasse fournie

Le modèle calcule l'énergie de biomasse fournie, en MWh. L'énergie de biomasse fournie est la quantité d'énergie annuelle fournie par le système à la biomasse.

% de la charge de pointe en chauffage

Le modèle calcule la contribution du système à la biomasse à combler la charge de pointe en chauffage, en %.

% de la demande énergétique totale en chauffage

Le modèle calcule la contribution du système à la biomasse à combler la demande énergétique totale en chauffage, en %.

Système de chauffage de pointe

Type de combustible du système de pointe

L'utilisateur choisit le type de combustible du système de pointe à partir des options présentées dans la liste déroulante. L'utilisateur peut aussi choisir un biocombustible pour satisfaire cette charge. Si tel est le cas, le modèle suppose que ce biocombustible est le même que celui déjà choisi dans la section précédente, sous « Type de biomasse ». Consulter le tableau ou le sujet « Coût unitaire de la source d'énergie » pour plus d'information sur les valeurs par défaut de pouvoir calorifique des combustibles utilisés pour la charge de pointe.

Rendement en régime permanent du système de pointe

L'utilisateur du modèle entre la valeur du rendement en régime permanent du système de pointe. Cette valeur est utilisée pour calculer la puissance du système de pointe suggérée. Pour se guider, l'utilisateur peut se servir du graphique « Contribution de systèmes », tel que présenté dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*. Les valeurs typiques de rendement en régime permanent de systèmes de pointe en chauffage vont de 50 à 350 % [Hayden 1997] (les rendements au-dessus de 100 % peuvent survenir dans le cas, par exemple, où le système de pointe en chauffage est une thermopompe). Le rendement en régime permanent du système de pointe peut varier en fonction du type de système utilisé, de l'altitude, de la température d'opération, etc. Entrer une valeur de 100 % si une chaudière est utilisée et qu'elle est dimensionnée en fonction de sa puissance de sortie et non en fonction de sa puissance d'entrée.

Puissance du système de pointe suggérée

Le modèle calcule la puissance du système de pointe suggérée pour combler la charge de pointe en chauffage en tenant compte des paramètres déjà entrés. Cette valeur est calculée en soustrayant la puissance du système de récupération thermique (selon le cas) et la puissance de chaudière(s) à biomasse de la charge de pointe en chauffage du ou des bâtiments à chauffer.

Puissance du système de pointe

L'utilisateur du modèle entre la puissance du système de pointe. Si cette puissance est inférieure à la puissance du système de pointe suggérée, le système de pointe ne pourra pas entièrement combler la charge de pointe en conditions de design. Pour se guider, l'utilisateur peut se servir du graphique « Contribution des systèmes », tel que présenté dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*. La valeur entrée sous ce sujet est reportée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

Rendement saisonnier du système de pointe

L'utilisateur entre la valeur du rendement saisonnier du système de pointe en chauffage. Cette valeur est généralement moindre qu'en régime permanent, car elle tient compte de régimes

transitoires. Elle sert à estimer la quantité d'énergie ou de combustible nécessaire pour produire la quantité d'énergie fournie par le système de chauffage de pointe. Les valeurs typiques du rendement saisonnier des systèmes de pointe vont de 60 à 350 % (>100 % dans le cas de thermopompes). Des valeurs typiques sont présentées dans le tableau.

Type de système de chauffage	Rendement saisonnier typique (%)
Chaudière/fournaise avec flamme pilote	60 à 70
Chaudière/fournaise de rendement moyen avec allumage électronique	70 à 80
Chaudière/fournaise à haut rendement à condensation	80 à 90
Chauffage électrique	100
Système de pompe à chaleur sur air extérieur	130 à 200
Système de pompe à chaleur géothermique	300 à 350

Rendements saisonniers typiques de différents systèmes de chauffage

Puissance de chaudière suggérée

Le modèle calcule la puissance de la (ou des) chaudière(s) à biomasse suggérée pour combler la charge de pointe en chauffage en tenant compte des paramètres de conception déjà entrés. Cette valeur est calculée en soustrayant la puissance du système de récupération thermique (selon le cas) et la puissance de chaudière(s) à biomasse de base de la charge de pointe en chauffage du ou des bâtiments à chauffer.

Puissance de chaudière

L'utilisateur entre la puissance de la (ou des) chaudière(s) de pointe. Le modèle considère que cette puissance correspond à la puissance de sortie de la chaudière (les chaudières à biomasse sont généralement identifiées selon leur puissance de sortie). Pour se guider, l'utilisateur peut se servir du graphique « Contribution des systèmes », tel que présenté dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*. La valeur entrée sous ce sujet est reportée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*. Pour plus d'information l'utilisateur peut aussi consulter la base de données de produits en ligne RETScreen.

Rendement saisonnier de chaudière

L'utilisateur entre la valeur du rendement saisonnier de la (ou des) chaudière(s) de pointe. Cette valeur est généralement moindre que celle du rendement des chaudières à biomasse en régime permanent car elle tient compte de tous les régimes d'opération, incluant les départs et arrêts du système. Le rendement saisonnier dépend aussi de la chaudière choisie et de la température d'opération du système. Elle sert à estimer la quantité de biocombustible nécessaire pour produire la quantité d'énergie fournie par le système de chauffage de pointe. Les valeurs typiques du rendement saisonnier des chaudières à biomasse vont de 60 à 90 % [Hayden, 1997]. En général, le rendement saisonnier de deux chaudières travaillant en tandem est supérieur à celui d'une chaudière unique. Pour plus d'information l'utilisateur peut aussi consulter la base de données de produits en ligne RETScreen.

Énergie de pointe fournie

Le modèle calcule l'énergie de pointe fournie, en MWh. L'énergie de pointe fournie est la quantité d'énergie annuelle fournie par le système de chauffage de pointe.

% de la charge de pointe en chauffage

Le modèle calcule la contribution du système de chauffage de pointe à combler la charge de pointe en chauffage, en %.

% de la demande énergétique totale en chauffage

Le modèle calcule la contribution du système de chauffage de pointe à combler la demande énergétique totale en chauffage, en %. Le modèle considère que le système de récupération thermique répond en priorité à la demande de base et qu'il est appuyé dans cette tâche par le système de chauffage à la biomasse qui ne répond à cette demande qu'en seconde priorité. S'il n'y a pas de système de récupération thermique, le modèle considère que le système à la biomasse répond seul à la demande de base. Dans tous les cas, l'énergie n'est fournie par le système de chauffage de pointe que lorsque le système de récupération thermique et le système de chauffage à la biomasse sont incapables de répondre à la demande énergétique totale.

Système de chauffage de secours (optionnel)

Puissance du système de secours suggérée

Les centrales de chauffage sont souvent dotées d'un système de secours. Selon une règle générale, chaque installation de chauffage devrait comprendre un système de secours d'une puissance égale à celle de la plus puissante unité de chauffage de cette installation [Arkey, 1996]. Ainsi, on peut utiliser une chaudière de secours en cas d'interruption du système principal ou de l'approvisionnement en biocombustible. Le modèle calcule la puissance de la plus puissante unité de chauffage constituant le système en comparant la puissance des systèmes de chauffage de base et des systèmes de chauffage de pointe. Si l'on construit une nouvelle installation, il est probable qu'on achètera une chaudière supplémentaire au mazout comme système de secours. S'il s'agit d'un projet de rénovation, on pourra conserver l'ancien système de chauffage au mazout. L'utilisation d'un système de chauffage de secours dépend de l'approche adoptée par les concepteurs ; le système de secours procure une plus grande sécurité, mais il fait monter le coût des projets d'installations neuves. Souvent, on utilise comme système de secours, une chaudière usagée. Dans d'autres cas, certains concepteurs peuvent même choisir la chaudière de pointe comme chaudière de secours.

Puissance du système de secours

L'utilisateur entre la puissance du système de secours en fonction de la puissance du système de secours suggérée et des systèmes disponibles sur le marché (ou du système existant dans le cas

d'un projet de rénovation). Cette valeur est reportée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts* si un système de secours est utilisé.

Production annuelle d'énergie

Les paragraphes qui suivent présentent les éléments qui entrent dans le calcul de la production annuelle d'énergie du système à la biomasse et/ou du système de récupération thermique et du calcul des besoins en combustible.

% de la charge de pointe en chauffage

Le modèle calcule la contribution des systèmes sélectionnés par l'utilisateur à combler la charge de pointe en chauffage, en %.

Puissance de chauffage

Le modèle présente la puissance de chauffage spécifiée par l'utilisateur de chacun des systèmes envisagés pour le projet.

Conversion d'unités : L'utilisateur peut choisir d'exprimer la puissance de chauffage dans une autre unité en sélectionnant parmi la liste d'unités proposées : « MW », « million Btu/h », « hp chaudière », « tonne de réfrigération », « hp », « W ». Cette valeur est donnée à titre de référence seulement et n'est pas requise pour exécuter le modèle.

Heures équivalentes à plein régime

Le modèle calcule les heures équivalentes de fonctionnement à plein régime des systèmes de récupération thermique, de chauffage à la biomasse et de chauffage de pointe.

Facteur d'utilisation

Le modèle calcule le facteur d'utilisation des systèmes de récupération thermique, de chauffage à la biomasse et de chauffage de pointe. Ce facteur, exprimé en pourcentage, est le rapport entre la production annuelle d'énergie fournie et la quantité d'énergie que ces systèmes auraient produites s'ils avaient fonctionné continuellement à plein régime pendant toute l'année.

% de la demande énergétique totale en chauffage

Le modèle calcule la contribution des systèmes sélectionnés par l'utilisateur à combler la demande énergétique totale en chauffage, en %.

Énergie de chauffage fournie

Le modèle calcule l'énergie de chauffage fournie par chacun des systèmes envisagés pour le projet.

Conversion d'unités : L'utilisateur peut choisir d'exprimer l'énergie dans une autre unité en sélectionnant parmi la liste d'unités proposées : « GWh », « Gcal », « million Btu », « GJ », « vtherm », « kWh », « hp-h », « MJ ». Cette valeur est donnée à titre de référence seulement et n'est pas requise pour exécuter le modèle.

Besoins en biocombustible

Le modèle calcule les besoins en biocombustible. Il s'agit de la quantité de biocombustible (humide), exprimée en tonnes métriques par an, que consommera le système de chauffage à la biomasse pour assurer la production annuelle d'énergie. Le calcul est basé sur l'énergie annuelle fournie par le système à la biomasse, sur le pouvoir calorifique de combustion de la biomasse et sur le rendement saisonnier de chaudière(s) à biomasse. La valeur obtenue est reportée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

Besoins en combustible de chauffage

Le modèle calcule la quantité de combustible consommée par le système de chauffage de pointe. La valeur obtenue est reportée à la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

Besoins en chauffage et conception du réseau de chauffage urbain

Dans cette section du logiciel RETScreen d'analyse de projets sur les énergies propres, la feuille de calcul *Besoins en chauffage et conception du réseau de chauffage urbain*, de concert avec la feuille de calcul *Modèle énergétique*, permet à l'utilisateur de caractériser la charge énergétique annuelle du projet proposé de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. Cette feuille de calcul permet aussi de faire une conception préliminaire et une estimation des coûts du réseau de chauffage urbain.

Lorsque l'utilisateur a complété la feuille de calcul *Besoins en chauffage et conception du réseau de chauffage urbain*, il peut retourner à la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Caractéristiques du site

Station météorologique la plus proche du projet

L'utilisateur indique, à titre de référence seulement, le nom de la station météorologique la plus proche ou la plus représentative des conditions climatiques de l'endroit où se situe le projet. Pour plus d'information l'utilisateur peut aussi consulter la base de données météorologiques en ligne RETScreen.

Température extérieure de calcul en chauffage

L'utilisateur entre la température (°C) extérieure de calcul en chauffage pour le site du projet, à savoir la température minimale mesurée à une fréquence d'au moins 1 % durant l'année [ASHRAE, 1997]. Cette température sert à calculer la charge annuelle de pointe et les besoins énergétiques annuels en chauffage du bâtiment. Pour plus d'information, l'utilisateur peut aussi consulter la base de données météorologiques en ligne RETScreen.

Les valeurs typiques de températures extérieures de calcul en chauffage varient de -40 à 15 °C.

Note : Les valeurs de température extérieure de calcul en chauffage, qui sont présentées dans la base de données météorologiques en ligne RETScreen, sont calculées sur une base horaire et pour une année complète. L'utilisateur peut changer la valeur proposée pour tenir compte des conditions particulières. Par exemple, le site où les températures sont enregistrées (p. ex. un aéroport) peut être en permanence de 1 à 2 °C plus froid que le site du projet (p. ex. dans le centre d'une grande ville avoisinante).

L'utilisateur doit être conscient que lorsque la température extérieure de calcul en chauffage est modifiée, alors les degrés-jours mensuels et la charge en chauffage par groupe de bâtiments doivent être ajustés en conséquence.

Degrés-jours annuels en chauffage sous 18 °C

Le modèle calcule le nombre de degrés-jours annuels en chauffage sous 18 °C en faisant la somme des degrés-jours mensuels entrés par l'utilisateur. Le nombre de degrés-jours pour une journée représente la différence de température, en °C, entre la température extérieure moyenne de la journée et une température spécifique qui est fixée à 18 °C dans ce cas. 18 °C est la température de consigne en mode chauffage. Pour plus d'information l'utilisateur peut aussi consulter la base de données météorologiques en ligne RETScreen.

Demande de base d'eau chaude sanitaire

L'utilisateur entre, en pourcentage, son estimation de la fraction de la demande totale annuelle d'énergie thermique que le chauffage de l'eau sanitaire représente. De plus, l'utilisateur peut ajuster ce paramètre pour simuler la charge énergétique d'un procédé (qui est aussi indépendante de la température extérieure).

En général, la charge de base consacrée à la production d'eau chaude sanitaire varie de 10 à 25 % du total des besoins thermiques. Ainsi, dans un hôpital, il est probable qu'on utilise 25 % de l'énergie destinée au chauffage pour chauffer de l'eau, alors que, dans un immeuble à bureaux ordinaire, la proportion équivalente n'est peut-être que de 10 %. S'il n'est pas prévu qu'on utilisera de l'énergie pour chauffer de l'eau sanitaire (ou pour un procédé), l'utilisateur du modèle entre 0.

Degrés-jours équivalents pour eau chaude sanitaire

Le modèle calcule les degrés-jours de chauffage qui équivaldraient, pour les bâtiments étudiés, à la quantité d'énergie nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire. Bien que dans les calculs relatifs au chauffage des bâtiments les valeurs soient souvent exprimées en degrés-jours annuels, la quantité de chaleur nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire est souvent exprimée en degrés-jours/jour.

Les valeurs de degrés-jours équivalents à la production d'eau chaude sanitaire s'établissent habituellement entre 2 et 10 degrés-jours/jour. Une faible demande d'énergie pour le chauffage de l'eau équivaut à 2 degrés-jours/jour et une forte demande (par ex. un hôpital), à une valeur de 6 à 10 degrés-jours/jour. S'il n'est pas prévu qu'on utilisera de l'énergie pour chauffer de l'eau, le modèle indiquera une valeur de 0.

Heures équivalentes à plein régime

Le modèle calcule les heures équivalentes à plein régime du système de chauffage qui représente le rapport entre la demande énergétique en chauffage divisée par la charge totale de pointe en chauffage. Cette valeur est donc équivalente aux nombres d'heures pendant lesquelles le système fonctionne à sa puissance maximale pour rencontrer la demande énergétique annuelle. En général, les heures équivalentes à plein régime varient de 1 500 à 4 200 heures. Des heures

équivalentes élevées correspondent souvent à des systèmes incluant des charges d'eau chaude sanitaire importantes ou des charges de chauffage liées à des procédés particuliers.

Données mensuelles

L'utilisateur entre les degrés-jours sous 18 °C sur une base mensuelle. Le nombre de degrés-jours sous 18 °C pour un mois est la somme des degrés-jours pour chacune des journées de ce mois sous 18 °C. Le nombre de degrés-jours pour une journée représente la différence de température, en °C, entre la température extérieure moyenne de la journée et une température spécifique qui est fixée à 18 °C dans ce cas. 18 °C est la température de consigne en mode chauffage. Pour plus d'information l'utilisateur peut aussi consulter la base de données météorologiques en ligne RETScreen.

Système de référence et besoins en chauffage

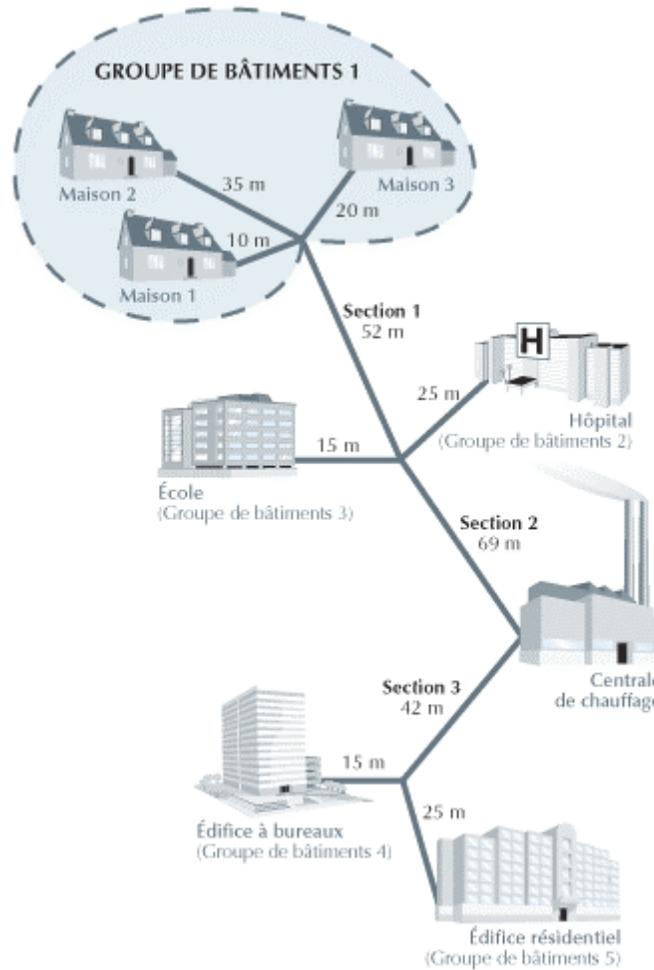
Les caractéristiques du système de chauffage de référence associées à l'estimation des besoins en chauffage sont détaillés ci-dessous.

Note technique sur la conception du réseau

Le but de cette note technique est de fournir à l'utilisateur un exemple de conception de réseau urbain de distribution de chaleur qu'il est possible de modéliser avec le modèle RETScreen. L'exemple présenté ci-dessous fait référence aux valeurs par défaut qui sont proposées dans le classeur RETScreen « CBIO3.xls » pour les sections « Système de référence et besoins en chauffage » et « Conception du réseau de chauffage urbain ».

Dans un réseau de chauffage urbain, l'énergie thermique qui est sous forme d'eau chaude, est pompée à partir du système de chauffage central vers les groupes de bâtiments à chauffer puis l'eau refroidie est retournée vers la centrale. L'eau chaude circule à travers un réseau de tuyaux isolés, généralement souterrains, comprenant la ligne de distribution principale et les lignes de distribution secondaires.

Le réseau peut être conçu sous forme de branches tel que présenté à la figure suivante, ou sous forme d'une boucle.



Exemple de disposition d'un réseau urbain

La figure précédente montre comment des groupes de bâtiments peuvent être connectés à la ligne principale d'un réseau de chauffage urbain (c.-à-d. sections 1, 2, etc.). Noter que l'édifice à bureau (groupe 4) et que l'édifice à logement (groupe 5) ne sont pas dans le même groupe car ils ont des charges de chauffage différentes. S'ils étaient regroupés, le diamètre des tuyaux de la ligne de distribution secondaire ne serait pas dimensionné correctement par le modèle. Le tableau suivant fait la synthèse des valeurs de charges en chauffage et des longueurs de tuyaux pour chaque groupe de bâtiments présentés dans la figure précédente.

Groupe de bâtiments	Surface de planchers chauffés (m ²)	Nombre de bâtiments	Charge de chauffage (W/m ²)	Longueur des tuyaux (m)
Groupe de bâtiments 1	450	3	70	65
<i>Maison 1</i>	<i>150</i>	<i>1</i>	<i>70</i>	<i>10</i>
<i>Maison 2</i>	<i>150</i>	<i>1</i>	<i>70</i>	<i>35</i>
<i>Maison 3</i>	<i>150</i>	<i>1</i>	<i>70</i>	<i>20</i>
Groupe de bâtiments 2 (Hôpital)	900	1	90	25
Groupe de bâtiments 3 (École)	800	1	70	15
Groupe de bâtiments 4 (Édifice à bureaux)	1 000	1	65	15
Groupe de bâtiments 5 (Édifice résidentiel)	1 500	1	100	25

Charges de chauffage versus longueurs de tuyaux pour chaque groupe de bâtiments

Système de chauffage de référence

Surface de planchers chauffés par groupe de bâtiments

L'utilisateur entre la surface totale de planchers chauffés pour chaque groupe de bâtiments qui est alimenté par le réseau de chauffage urbain. Un groupe de bâtiments correspond à des bâtiments semblables qui sont connectés ensemble en un point particulier du réseau de chauffage urbain. Pour chaque groupe de bâtiments, cette surface de planchers est égale à la somme des surfaces de planchers à chauffer, incluant tous les étages. Le système de chauffage central (chauffage à la biomasse, récupération thermique, chauffage de pointe et chauffage de secours selon le cas) devra donc être dimensionné pour répondre à la charge de pointe et à la demande énergétique en chauffage de tous les groupes de bâtiments connectés sur le réseau de chauffage urbain (voir la note technique sur la conception du réseau).

Typiquement, la surface totale de planchers à chauffer va de 500 à 9 000 m². La plupart des bâtiments commerciaux et institutionnels ont des surfaces de planchers plus grandes que 500 m². Pour une maison unifamiliale, la surface de planchers à chauffer est de l'ordre de 140 m².

Note : Si l'utilisateur entre 0 ou laisse la cellule vide, la colonne devient grise.

Nombre de bâtiments par groupe de bâtiments

L'utilisateur entre le nombre de bâtiments pour chacun des groupes de bâtiments.

Source(s) d'énergie de chauffage

L'utilisateur choisit, à partir de la liste déroulante, la source d'énergie (déplacée) qui est utilisée par le système de chauffage de référence pour chacun des groupes de bâtiments.

Le tableau donne le pouvoir calorifique des sources d'énergie déplacées (c.-à-d. sources d'énergie déplacées par le système à la biomasse ou par le système de récupération thermique).

Énergie de chauffage évitée	Pouvoir calorifique
Gaz naturel	37,2 MJ/m ³ (10,33 kWh/m ³)
Propane	26,6 MJ/L (7,39 kWh/L)
Diesel (mazout #2)	38,7 MJ/L (10,74 kWh/L)
Mazout #6	40,5 MJ/L (11,25 kWh/L)
Électricité	1,0 kWh/kWh
Autre	1,0

Pouvoir calorifique de différentes sources d'énergie

Note : Le propane est exprimé en terme de propane liquéfié.

Rendement saisonnier du système de chauffage

L'utilisateur entre le rendement moyen du système de chauffage conventionnel (de référence) pour toute la saison d'utilisation (%). Cette valeur est utilisée par le modèle pour calculer les besoins en énergie primaire du ou des bâtiments, pendant une saison complète de chauffage, en utilisant le système de chauffage de référence. Cette valeur n'a aucune influence sur le calcul de la production annuelle d'énergie.

Les valeurs typiques vont de 55 % pour une chaudière conventionnelle à combustible fossile à 100 % pour un système de chauffage électrique. Si une pompe à chaleur est utilisée comme système de référence, l'utilisateur choisit « Électricité » comme source d'énergie déplacée avec des rendements supérieurs à 100 % pour tenir compte du coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur (p. ex. on rentrera 225 % si le COP saisonnier de la pompe à chaleur est de 2,25).

Des valeurs typiques de rendement saisonnier sont présentées dans le tableau suivant. Les valeurs présentées dans le tableau doivent être réduites de 10 % si les conduites d'air passent à l'extérieur de l'enveloppe isolée du bâtiment (p. ex. le grenier).

Type de système de chauffage	Rendement saisonnier typique (%)
Chaudière/fournaise avec flamme pilote	60 à 70
Chaudière/fournaise de rendement moyen avec allumage électronique	70 à 80
Chaudière/fournaise à haut rendement à condensation	80 à 90
Chauffage électrique	100
Système de pompe à chaleur sur air extérieur	130 à 200
Système de pompe à chaleur géothermique	300 à 350

Rendements saisonniers typiques de quelques systèmes de chauffage

Calcul de la charge en chauffage

Charge en chauffage par groupe de bâtiments

L'utilisateur du modèle entre la charge de pointe en chauffage pour chaque groupe de bâtiments. L'utilisateur peut se référer à la figure ci-dessous [CET, 1997] pour estimer la puissance requise par unité de surface de planchers chauffés (W/m^2). Cette valeur dépend de la température extérieure de calcul en chauffage pour le site du projet et du niveau d'isolation des bâtiments. Cette ou ces valeurs sont utilisées pour calculer la charge de pointe du système totale en chauffage. Les valeurs typiques vont de 40 à 120 W/m^2 .

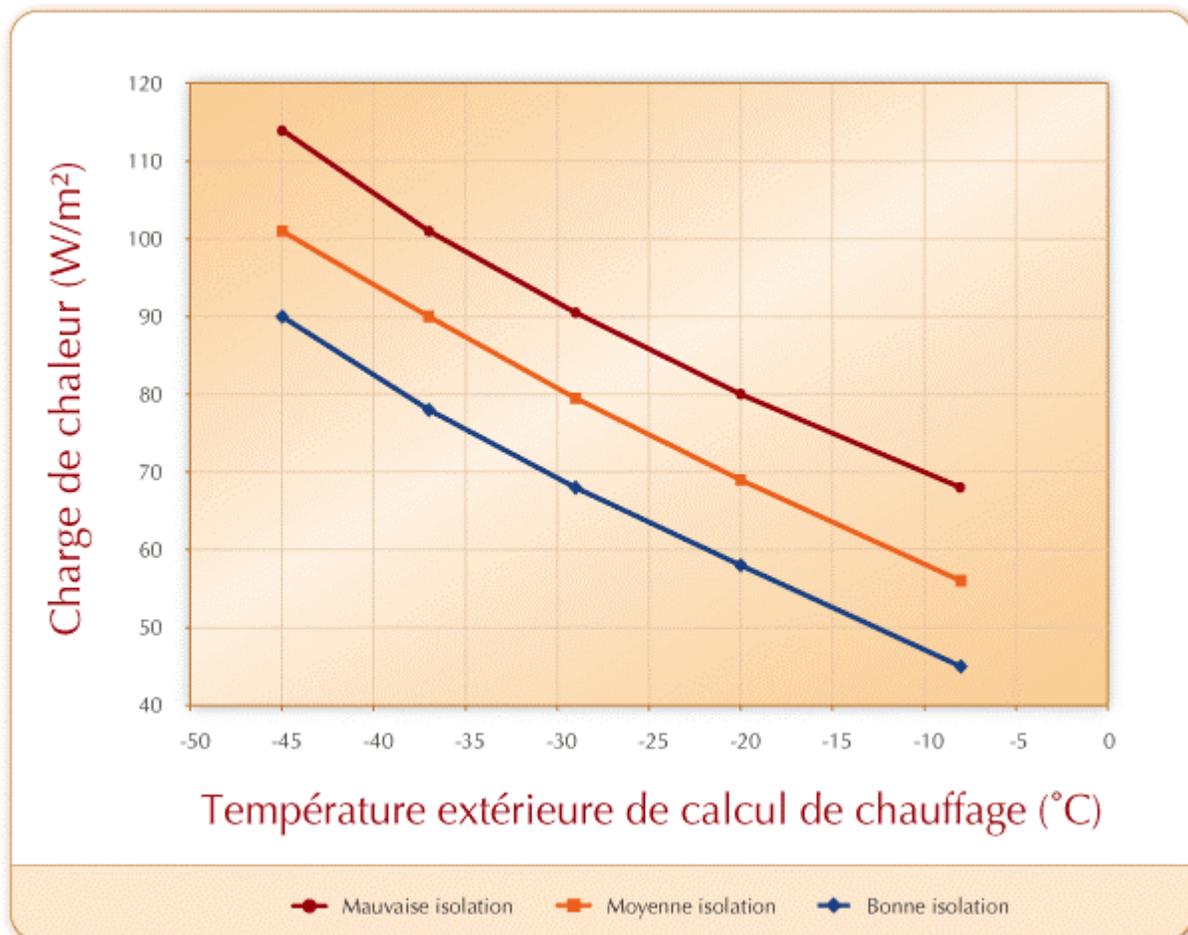


Tableau des charges de pointe de bâtiments

Note : Les valeurs dans la figure précédente conviennent davantage aux bâtiments résidentiels.

Demande énergétique en chauffage

Le modèle calcule la demande énergétique annuelle totale en chauffage pour tous les groupes de bâtiments (incluant le chauffage de l'eau sanitaire). Cette valeur est calculée à partir de la surface

de planchers chauffés par groupe de bâtiments, de la charge en chauffage par groupe de bâtiments et des heures équivalentes à plein régime.

Charge de pointe totale en chauffage

Le modèle calcule la charge de pointe attribuable au chauffage de tous les groupes de bâtiments, à savoir la puissance thermique nécessaire pour répondre aux plus forts appels de puissance de chauffage dans l'année. La valeur obtenue, qui coïncide généralement avec le jour le plus froid de l'année, est reportée dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Source d'énergie - unités de consommation

Le modèle montre dans quelle unité est calculée la consommation de la source d'énergie qui a été sélectionnée et qui sert au chauffage de chacun des groupes de bâtiments. Notez que l'unité de la source d'énergie, dans le cas du propane, est exprimée en litre de propane liquéfié.

Quantité annuelle d'énergie consommée

Le modèle calcule la consommation annuelle en énergie pour assurer le chauffage de chaque groupe de bâtiments. Si la quantité annuelle d'énergie consommée pour le chauffage est déjà connue (par ex. la consommation d'énergie d'un groupe de bâtiments existant peut être évaluée à partir des factures énergétiques passées, du volume d'huile à chauffage acheté les années passées, ou des analyses énergétiques faites sur le bâtiment...), l'utilisateur peut faire varier la valeur entrée dans la cellule « Charge en chauffage par groupe de bâtiments » jusqu'à l'obtention de la consommation désirée dans la cellule « Quantité annuelle d'énergie consommée ».

Unité de coût de la source d'énergie

Le modèle montre dans quelle unité devra être entrée la valeur du coût unitaire de la source d'énergie pour chaque groupe de bâtiments (prochaines cellules). Notez que l'unité de coût du propane est exprimée en litre de propane liquéfié.

Coût unitaire de la source d'énergie

Le modèle laisse une certaine souplesse à l'utilisateur pour déterminer ce qu'est le système « conventionnel » ou « de référence ». L'utilisateur du modèle entre le coût unitaire de la source d'énergie choisie pour chaque groupe de bâtiments (ce qui représente le coût évité de l'énergie de chauffage). En général, cette valeur représente soit le coût « moyen », soit le coût « marginal » de l'énergie de chauffage du système d'énergie de référence. L'utilisateur détermine cette valeur en fonction des unités de prix de revient donnés dans le tableau, dans lequel on trouve aussi des données sur le pouvoir calorifique.

Sources d'énergie évitées	Unité de prix	Coefficient de pouvoir calorifique
Gaz naturel	\$/m ³	37,2 MJ/ m ³ (10,33 kWh/ m ³)
Propane	\$/L	26,6 MJ/L (7,39 kWh/L)
Diesel (mazout #2)	\$/L	38,7 MJ/L (10,74 kWh/L)
Mazout #6	\$/L	40,5 MJ/L (11,25 kWh/L)
Électricité	\$/kWh	1,0 kWh/kWh
Autre	\$/MWh	1,0

Unité de prix de revient de l'énergie et pouvoir calorifique
[Énergie, Mines et Ressources Canada, 1985]

Notez que l'unité de coût du propane est exprimée en litre de propane liquéfié. On se sert du coût unitaire de la source d'énergie de chauffage, de la demande énergétique totale en chauffage, du pouvoir calorifique et du rendement saisonnier du système de chauffage de référence pour calculer le coût total de l'énergie consommée par le système de chauffage de référence.

Quand c'est l'électricité qui est la source d'énergie évitée en chauffage, l'utilisateur inscrit normalement le prix de détail de l'électricité comme coût unitaire de la source d'énergie en chauffage. Noter que le pouvoir calorifique de la source d'énergie de chauffage « Autre » a été fixé à 1,0. Cela implique que le coût unitaire de la source d'énergie correspondante doit être exprimé en \$/MWh.

Coût total de l'énergie consommée

Le modèle calcule le coût total de l'énergie consommée, pour chacun des groupes de bâtiments, par le système de chauffage de référence.

Conception du réseau de chauffage urbain

Cette section permet de préparer un design préliminaire et un estimé des coûts pour un réseau de chauffage urbain (réseau de distribution de chaleur).

Les petits systèmes commerciaux de chauffage à la biomasse et/ou les systèmes de récupération thermique utilisent normalement des tuyaux de plastique (spécialement traité) ou des tuyaux d'acier isolé de plastique pour assurer la distribution de chaleur dans un réseau urbain. Ce type de tuyauterie est économique à l'achat, et les coûts d'installation et d'entretien sont relativement faibles. Par contre, la température maximale de l'eau chaude ne doit pas dépasser 95 °C pour les tuyaux de plastique et 130 °C pour les tuyaux d'acier. Le diamètre des tuyaux peut varier de 32 à 150 mm (1 ½" à 6") et dépend de la charge de pointe en chauffage que le système doit combler.

Puisqu'une tranchée contient un tuyau d'alimentation et un tuyau de retour, la longueur réelle des tuyaux est égale au double de la longueur des tranchées. Par contre, dans cette section du modèle, la longueur des tuyaux fera référence à la longueur des tranchées.

Les pertes de chaleur d'un réseau de chauffage urbain varient en fonction de plusieurs facteurs. Par exemple, si le site du projet est couvert de neige, les pertes de chaleur du réseau seront moins

importantes par rapport à un autre site, sans neige et sous les mêmes conditions de température. Le modèle RETScreen de chauffage à la biomasse ne permet pas d'entrer une valeur de pertes de chaleur. Les pertes de chaleur annuelles d'un réseau de chauffage urbain moderne vont de 2 à 3 % du total de l'énergie fournie. Ces valeurs varient aussi en fonction de la longueur des tuyaux du réseau ou de l'énergie fournie par le système.

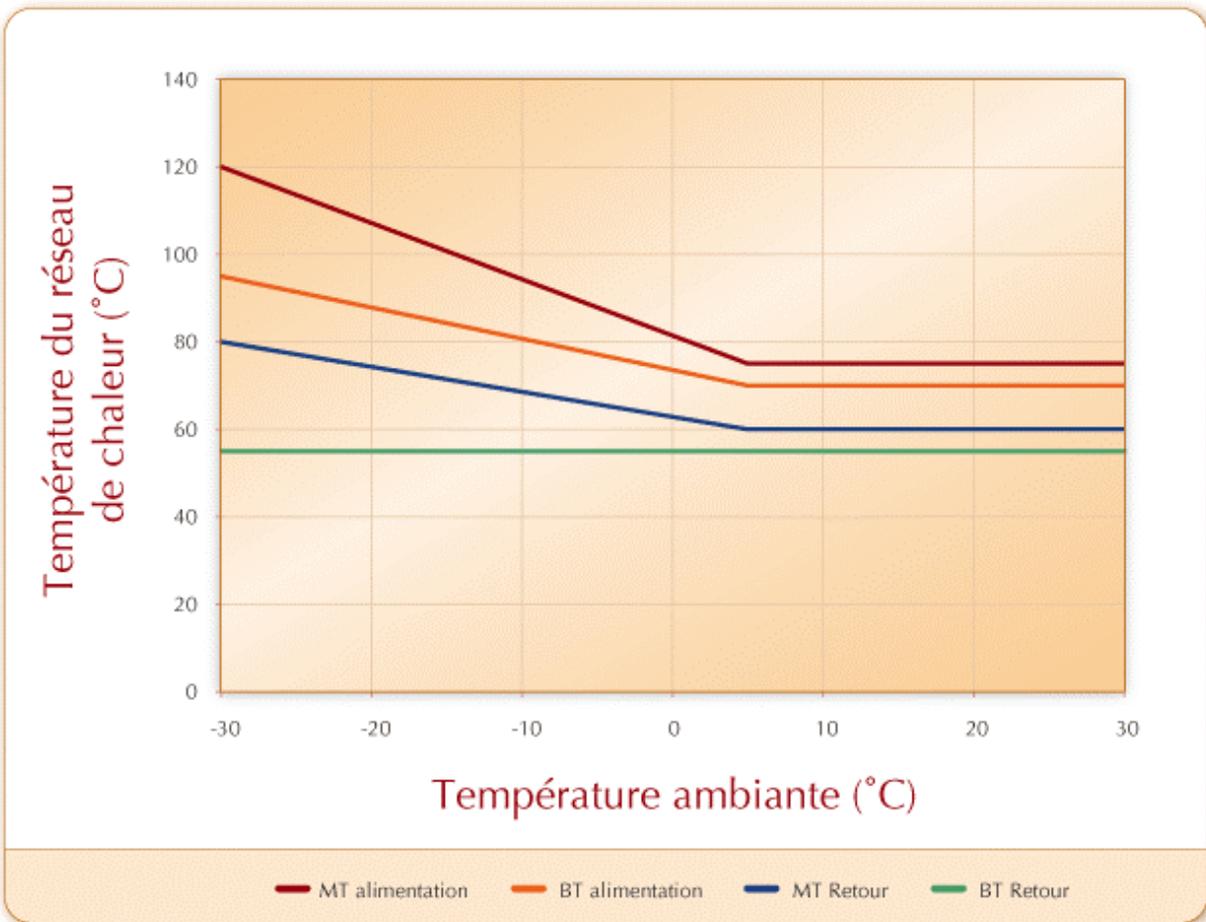
Par exemple, les pertes de chaleur sont de l'ordre de 58 W/m pour un réseau à deux tuyaux de types DN125 qui peut fonctionner à une température d'alimentation moyenne annuelle de 100 °C et une température de retour moyenne annuelle de 50 °C. En supposant un différentiel de température de 45 °C (différence de température entre l'alimentation et le retour du réseau), la puissance de chauffage d'un réseau avec des tuyaux de type DN125 est de 3 400 kW. Pour plus de détail, consulter le manuel District Heating Handbook [Randløv, 1997].

Critères de conception

Température de calcul d'alimentation

L'utilisateur entre la température de calcul d'alimentation du réseau de chauffage urbain. Typiquement, les tuyaux de plastique ont un diamètre inférieur à DN100 (100 mm ou 4") et une température maximale d'opération de 95 °C ; les tuyaux d'acier peuvent habituellement supporter jusqu'à 130 °C. Si on utilise les deux types de tuyaux dans un même réseau, la température maximale d'opération sera fixée par la température maximale d'opération des tuyaux de plastique. Typiquement, la température minimale d'alimentation d'un réseau est de 70 °C afin de satisfaire les besoins de chauffage de l'eau sanitaire.

La figure suivante montre des températures d'alimentation et de retour d'un réseau urbain typique. Des températures moyennes d'alimentation sont typiques dans des réseaux avec tuyaux d'acier. De basses températures d'alimentation sont typiques dans des réseaux avec tuyaux de plastiques ou des tuyaux mixtes (tuyaux de plastique et d'acier). Des températures moyennes de retour sont typiques dans un réseau urbain qui regroupe de vieux et de nouveaux bâtiments. De basses températures de retour sont typiques pour des bâtiments qui ont été conçus spécifiquement pour être alimentés par un réseau urbain (la température de retour est alors optimisée pour réduire les coûts des matériaux et les pertes de chaleur). (Les réseaux urbains qui fonctionnent à haute température sont très rares, les températures d'alimentation sont alors bien au-dessus des températures présentées dans la figure suivante (c.-à-d. environ 150 °C)).



Températures typiques d'alimentation et de retour d'un réseau de chauffage urbain

Température de calcul de retour

L'utilisateur entre la température de calcul de retour du réseau de chauffage urbain. Une température de retour plus faible est préférable car elle permet de réduire le diamètre des tuyaux (un différentiel de température plus important permet de réduire le débit pour une même puissance dissipée dans les bâtiments à chauffer), de réduire les pertes de chaleur et d'obtenir une meilleure efficacité au niveau du système de récupération thermique. Pour les vieux bâtiments (bâtiments existants), la température de retour du réseau urbain est de l'ordre de 75 °C. Pour les nouveaux bâtiments spécialement conçus pour être alimentés par un réseau urbain, il est possible de réduire cette température à 50 °C (voir la figure des Températures typiques d'alimentation et de retour d'un réseau de chauffage urbain pour plus d'information).

Différentiel de température

Le modèle calcule la différence entre la température de calcul d'alimentation et la température de calcul de retour du réseau de chauffage urbain. Cette valeur est utilisée pour calculer les dimensions des tuyaux du réseau de chauffage urbain.

Ligne de distribution principale

La ligne de distribution principale est la partie du réseau urbain qui connecte plusieurs bâtiments ou plusieurs groupes de bâtiments au système de chauffage central. La première section du réseau (directement à la sortie du système de chauffage centrale) a le plus grand diamètre puisqu'elle alimente tous les bâtiments du réseau (fait passer le plus grand débit). Plus le nombre de bâtiments alimentés par le réseau diminue, plus le diamètre des tuyaux du réseau diminue. Les tuyaux de la ligne de distribution principale peuvent être en plastique en autant que le réseau urbain est conçu pour la basse température (c.-à-d. moins de 95 °C).

Note : Si le réseau ne connecte qu'un seul bâtiment au système de chauffage central, on le considère comme faisant partie de la ligne de distribution secondaire.

Surdimensionnement des tuyaux du réseau principal

L'utilisateur du modèle entre un facteur de surdimensionnement des tuyaux. La dimension initiale des tuyaux de chaque section de la ligne principale sera alors automatiquement augmentée pour éventuellement permettre de distribuer une plus grande puissance de chauffage à travers le réseau urbain. La nouvelle puissance de chauffage du système (utilisée pour les calculs) est alors augmentée proportionnellement avec le facteur de surdimensionnement des tuyaux entré par l'utilisateur. Ce paramètre est utile si on envisage d'augmenter la puissance de chauffage de la centrale de chauffage dans le futur.

Par exemple, si la puissance de chauffage requise par un réseau urbain est de 500 kW au départ, mais qu'il est envisagé d'augmenter le nombre de maisons dans le futur, équivalent à une puissance additionnelle de 50 kW, un facteur de surdimensionnement des tuyaux du réseau de 10 % est utilisé. Ce facteur permettra aux nouvelles maisons de se connecter sur le même réseau de chauffage sans devoir le modifier, évitant ainsi des problèmes éventuels de sous-dimensionnement. Le facteur de surdimensionnement permet aussi de déterminer quelle puissance supplémentaire le réseau est capable de fournir sans être modifié. Pour ce faire, l'utilisateur change le facteur de surdimensionnement jusqu'à ce que les dimensions des tuyaux du réseau augmentent. Si les dimensions des tuyaux changent pour un facteur de surdimensionnement de 15 %, cela indique que le réseau actuel est capable de fournir près de 15 % de puissance de chauffage supplémentaire sans avoir à être modifié.

Sections des tuyaux

L'utilisateur détermine, à partir de la liste déroulante, par quelle(s) section(s) de la ligne de distribution principale est alimentée en énergie chaque groupe de bâtiments du système central de chauffage. L'utilisateur entre la longueur de chaque section de la ligne de distribution principale. Le modèle calcule ensuite la puissance totale qui peut circuler dans chaque section et détermine la dimension des tuyaux (pour plus d'information consulter la note technique sur la conception du réseau).

La détermination des dimensions des tuyaux se fait par une méthode simplifiée. Pour chaque section, le diamètre des tuyaux est fixé pour permettre une perte de pression de 1 à 2 millibar par mètre lorsque le débit maximum y circule. La vitesse maximum permise dans les tuyaux de plus grands diamètres est de 3 m/s. Avant installation, il est important de vérifier que le type de tuyau sélectionné sera en mesure de résister à toutes les conditions d'opération et conditions environnementales tout au long de sa durée de vie utile. De plus, la dimension finale des tuyaux devra être validée par des calculs détaillés en tenant compte de la longueur, du nombre de valves, de coudes, de connexions, etc.

Longueur totale des tuyaux de la ligne principale

Le modèle calcul la longueur totale des tuyaux de la ligne principale du réseau correspondant à la longueur totale des tranchées de la ligne principale.

Ligne de distribution secondaire

Chaque ligne de distribution secondaire connecte un groupe de bâtiments à la ligne de distribution principale. Si le système ne compte qu'un bâtiment connecté à la centrale de chauffage, on considère cette ligne comme étant la ligne de distribution secondaire.

Surdimensionnement des tuyaux du réseau secondaire

L'utilisateur du modèle entre un facteur de surdimensionnement des tuyaux. La dimension initiale des tuyaux de chaque section de la ligne secondaire sera alors automatiquement augmentée pour éventuellement permettre de distribuer une plus grande puissance de chauffage à travers le réseau urbain. La nouvelle puissance de chauffage du système utilisée pour les calculs) est alors augmentée proportionnellement avec le facteur de surdimensionnement des tuyaux entré par l'utilisateur. Ce paramètre est utilisé si on envisage d'augmenter la puissance de chauffage de la centrale de chauffage dans le futur.

Par exemple, si la puissance de chauffage requise par un réseau urbain est de 500 kW au départ, mais qu'il est envisagé d'augmenter le nombre de maisons dans le futur, équivalent à une puissance additionnelle de 50 kW, un facteur de surdimensionnement des tuyaux du réseau de 10 % est utilisé. Ce facteur permettra aux nouvelles maisons de se connecter sur le même réseau de chauffage sans devoir le modifier, évitant ainsi des problèmes éventuels de sous-dimensionnement. Le facteur de surdimensionnement permet aussi de déterminer quelle puissance supplémentaire le réseau est capable de fournir sans être modifié. Pour ce faire, l'utilisateur change le facteur de surdimensionnement jusqu'à ce que les dimensions des tuyaux du réseau augmentent. Si les dimensions des tuyaux changent pour un facteur de surdimensionnement de 15 %, cela indique que le réseau actuel est capable de fournir près de 15 % de puissance de chauffage supplémentaire sans avoir à être modifié.

Les tuyaux des lignes secondaires ne seraient pas surdimensionnés si, par exemple, les nouveaux bâtiments à être ajoutés étaient indépendants des réseaux secondaires existants, par contre, la ligne principale devrait être surdimensionnée.

Longueur de la section de tuyaux

Pour chaque groupe de bâtiments, l'utilisateur entre la longueur de tuyaux de la ligne de distribution secondaire. Pour un groupe de bâtiments de mêmes dimensions (dimensions de tuyaux identiques), l'utilisateur entre la somme des trois longueurs de tuyaux secondaires utilisées pour relier les bâtiments à la ligne principale. Pour plus d'information, consulter la note technique sur la conception du réseau.

Dimension des tuyaux

Le modèle calcule la dimension des tuyaux du réseau secondaire pour chaque groupe de bâtiments. Le calcul tient compte du facteur de surdimensionnement s'il est appliqué.

La détermination des dimensions des tuyaux se fait par une méthode simplifiée. Pour chaque groupe de bâtiments, le diamètre des tuyaux est fixé pour permettre une perte de pression de 1 à 2 millibar par mètre lorsque le débit maximum y circule. La vitesse maximum permise dans les tuyaux de plus grands diamètres est de 3 m/s. Avant installation, il est important de vérifier que le type de tuyau sélectionné sera en mesure de résister à toutes les conditions d'opération et conditions environnementales tout au long de sa durée de vie utile. De plus, la dimension finale des tuyaux devra être validée par des calculs détaillés en tenant compte de la longueur, du nombre de valves, de coudes, de connexions, etc.

Coûts du réseau de chauffage urbain

Dans cette section du modèle, deux alternatives sont proposées pour évaluer les coûts du réseau de chauffage urbain et des stations de transfert d'énergie : la méthode d'évaluation des coûts par formules internes (*Formule*) et l'analyse détaillée des coûts (*Détaillée*).

Longueur totale des tuyaux

Le modèle calcule la longueur totale des tuyaux (des tranchées). Cette longueur est égale à la somme de la longueur totale des tuyaux de la ligne principale et de la longueur totale des tuyaux de la ligne secondaire.

Méthode d'évaluation des coûts

L'utilisateur choisit la méthode d'évaluation des coûts qu'il désire utiliser à partir des deux options de la liste déroulante : « Formule » ou « Détaillée ». Si la méthode d'évaluation des coûts par formules est choisie, le modèle évalue lui-même les coûts du projet à l'aide de règles générales obtenues de nombreux projets déjà réalisés. Si la méthode détaillée est choisie, les valeurs sont entrées par l'utilisateur.

La méthode de calcul par formules utilise des projets typiques canadiens (qui peuvent dater de janvier 2000) comme base de calcul et permet à l'utilisateur d'ajuster les résultats en fonction des conditions locales, par l'intermédiaire de la cellule « Taux de change ».

Type de connexion de la station de transfert d'énergie

L'utilisateur choisit le type de connexion de la (des) station(s) de transfert d'énergie à partir des deux options de la liste déroulante : « Direct » et « Indirect ». Si « Direct » est choisi, le modèle considère que le coût de la station de transfert d'énergie est égal à 0 \$ (puisque'il n'y en a pas dans ce cas). Si « Indirect » est choisi, le modèle calcule les coûts par des formules internes (si la méthode d'évaluation des coûts par formules a été sélectionnée) ou l'utilisateur entre les coûts un à un (si l'analyse détaillée des coûts a été sélectionnée).

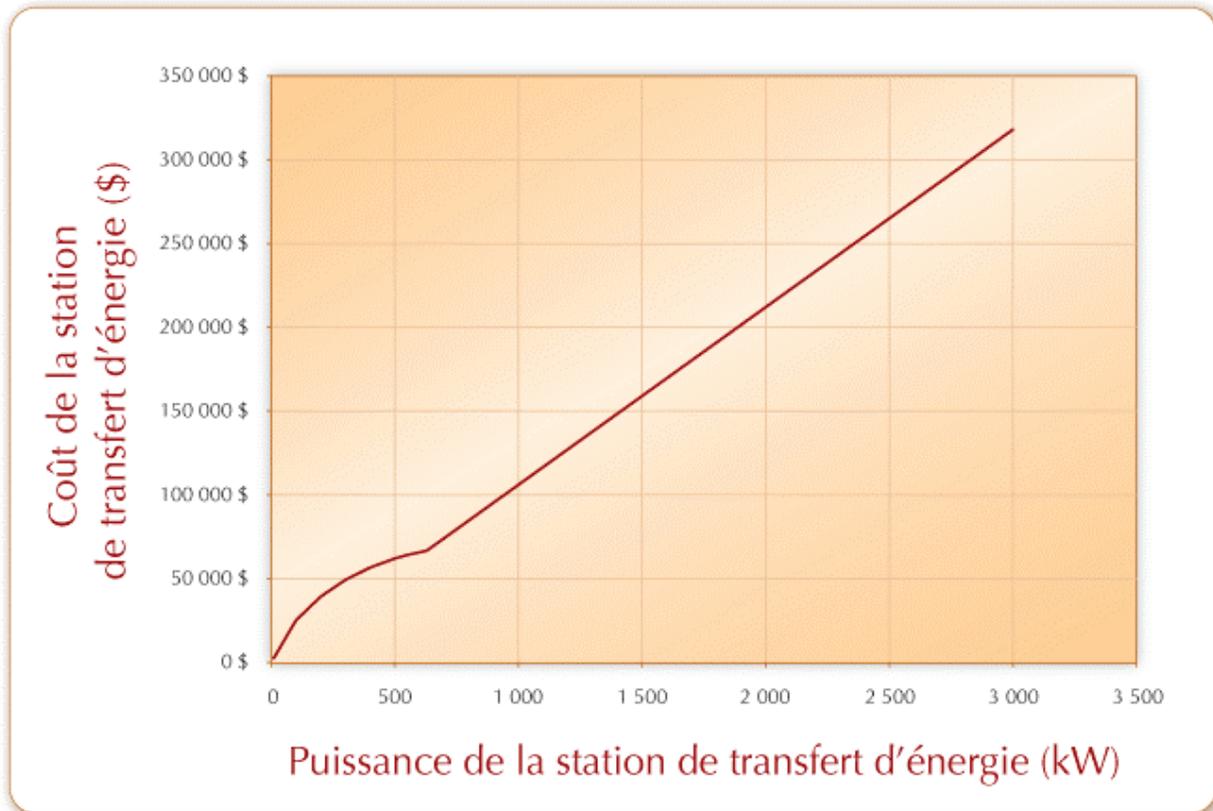
Normalement, le système de distribution de chaleur du bâtiment est connecté indirectement au réseau de chauffage urbain par l'intermédiaire d'une station de transfert d'énergie située au sous-sol (où la chaudière serait normalement située). Par opposition, un système direct utilise le fluide caloporteur du réseau urbain directement dans son système de distribution de chaleur.

Facteur de coût pour la station de transfert d'énergie

Si l'utilisateur choisit « Formule » comme méthode d'évaluation des coûts, un facteur de coût pour la (les) station(s) de transfert d'énergie peut être entré par l'utilisateur. Ce facteur est utilisé pour modifier la valeur calculée par le modèle pour tenir compte des variations locales dans les coûts de construction, de l'inflation, etc.

Coût de la station de transfert d'énergie

Si l'utilisateur choisit « Formule » comme méthode d'évaluation des coûts, le modèle calcule le coût de la (des) station(s) de transfert d'énergie pour tous les groupes de bâtiments du réseau urbain. Le coût est calculé selon la méthode présentée dans la figure suivante. Cette figure peut aussi être utilisée pour guider l'utilisateur dans le cas où la méthode détaillée d'évaluation des coûts serait choisie. Si la méthode détaillée d'évaluation des coûts est choisie, l'utilisateur entre le coût total de la (des) station(s) de transfert d'énergie pour chaque groupe de bâtiments. Le modèle calcule ensuite la somme des coûts des stations pour l'ensemble des groupes de bâtiments du réseau urbain.



Coûts typiques pour une station de transfert d'énergie

Les coûts présentés dans la figure incluent la fourniture du matériel et son installation dans un nouveau bâtiment. S'il s'agit d'un bâtiment existant et qu'il doit être modifié (chauffage à la vapeur ou plinthes électriques par exemple), les coûts pourraient être beaucoup plus élevés et devront être confirmés par un contracteur de la région. Noter que certains propriétaires de bâtiment peuvent choisir d'enlever les chaudières et les réservoirs d'eau chaude sanitaire afin de gagner de l'espace.

Chaque station de transfert d'énergie inclut deux échangeurs de chaleur préfabriqués - un pour le chauffage de l'espace et un autre pour le chauffage de l'eau domestique. Les stations sont équipées de contrôles et de toute la tuyauterie interne nécessaire pour se connecter facilement avec le réseau de distribution de chaleur interne du bâtiment et avec le réseau d'eau chaude sanitaire.

Les chauffe-eau sanitaires et les chaudières sont normalement remplacés par une seule station de transfert d'énergie. Si la consommation en eau chaude sanitaire est importante, un ou des réservoirs de stockage peuvent être ajoutés.

Typiquement, chaque bâtiment inclut un compteur d'énergie. Le compteur enregistre le débit du fluide caloporteur qui passe dans la station de transfert d'énergie, ainsi que sa température à l'entrée et à la sortie. En intégrant ces données, le compteur est en mesure de calculer l'énergie absorbée par la station.

Les stations de transfert de chaleur préfabriquées, avec échangeurs de chaleur pour le chauffage de l'espace et le chauffage de l'eau sanitaire, sont disponibles pour les maisons individuelles (unifamiliales), et pour les petits immeubles d'appartements. La station comprend deux échangeurs à plaques ou tubulaires, une pompe circulatrice, un réservoir d'expansion, des valves motorisées et un compteur d'énergie.

Pour les plus gros bâtiments, la station de transfert d'énergie sera assemblée sur place avec le même type d'équipements que pour les plus petits bâtiments.

Facteur de coût des tuyaux de la ligne de distribution secondaire

Si l'utilisateur choisit « Formule » comme méthode d'évaluation des coûts, un facteur de coût des tuyaux de la ligne de distribution secondaire peut être entré par l'utilisateur. Ce facteur est utilisé pour modifier la valeur calculée par le modèle pour tenir compte des variations locales dans les coûts de construction, de l'inflation, etc.

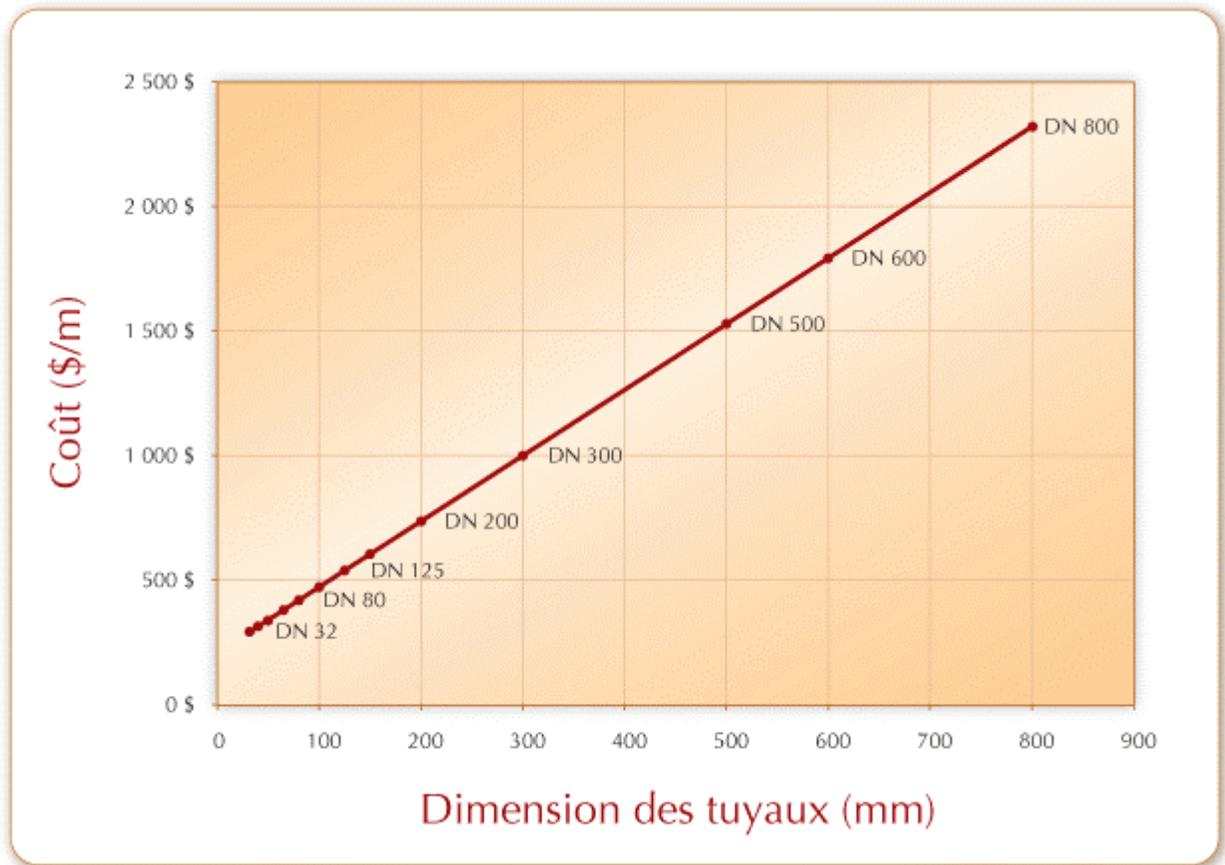
Taux de change

L'utilisateur entre le taux de change pour convertir les coûts en dollar canadien vers la devise monétaire du pays hôte du projet. Le taux entré correspond à la valeur de un dollar canadien exprimée dans la devise du pays hôte du projet.

Note : L'utilisateur doit avoir préalablement choisit la devise dans le haut de la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

Coût des tuyaux de la ligne de distribution secondaire

Si l'utilisateur choisit « Formule » comme méthode d'évaluation des coûts, le modèle calcule le coût des tuyaux de la ligne de distribution secondaire pour tous les groupes de bâtiments du réseau urbain. Le coût est calculé selon la méthode présentée dans la figure. Cette figure peut aussi être utilisée pour guider l'utilisateur dans le cas où la méthode détaillée d'évaluation des coûts serait choisie. Si la méthode détaillée d'évaluation des coûts est choisie, l'utilisateur entre le coût total des tuyaux de la ligne de distribution secondaire pour chaque groupe de bâtiments. Le modèle calcule ensuite la somme des coûts des tuyaux secondaires pour l'ensemble des groupes de bâtiments du réseau urbain.



Coûts typiques de tuyaux de la ligne de distribution secondaire

Les coûts présentés dans la figure incluent la fourniture du matériel (un tuyau d'alimentation et un tuyau de retour) et son installation par mètre de tranchée. Les coûts par mètre de la figure précédente sont valables pour deux tuyaux pré-isolés spécialement conçus pour les réseaux urbains, et installés dans une tranchée de 600 mm de profond. Les coûts comprennent aussi la réparation du trottoir ou de la route après l'installation. Les coûts pourraient être plus élevés si l'installation se fait sur un site rocheux (roc en surface) ou sur un site avec plusieurs installations souterraines (c.-à-d., ligne téléphonique ou électrique, conduites d'égouts ou d'eau sanitaire, etc.).

Les coûts de la ligne de distribution secondaire tels que présentés à la figure précédente peuvent être détaillés comme suit : 45 % pour le matériel, 45 % pour l'installation et de 10 % pour les équipements associés au pompage.

Coût total de connexion du groupe de bâtiments

Le modèle calcule le coût total de connexion de chaque groupe de bâtiments à partir des valeurs entrées par l'utilisateur (méthode détaillée d'évaluation des coûts) ou à partir de formules internes (méthode d'évaluation des coûts par formules) et comprend le coût des stations de transfert d'énergie et le coût des tuyaux de la ligne de distribution secondaire. Le modèle calcule ensuite le coût total de connexion de tous les groupes de bâtiments.

Facteur de coût des tuyaux de la ligne de distribution principale

Si l'utilisateur choisit « Formule » comme méthode d'évaluation des coûts, un facteur de coût des tuyaux de la ligne de distribution principale peut être entré par l'utilisateur. Ce facteur est utilisé pour modifier la valeur calculée par le modèle pour tenir compte des variations locales dans les coûts de construction, de l'inflation, etc.

Sommaire des dimensions de tuyaux de la ligne principale

Le modèle présente un sommaire des dimensions (diamètres) des tuyaux de la ligne principale qui ont été spécifiés dans la feuille de calcul.

Sommaire des longueurs de tuyaux de la ligne principale

Le modèle calcule la longueur totale des tuyaux de la ligne de distribution principale pour chacun des diamètres spécifiés par le modèle.

Sommaire des coûts de tuyaux de la ligne principale

Si l'utilisateur choisit « Formule » comme méthode d'évaluation des coûts, le modèle calcule le coût des tuyaux de la ligne principale pour chacun des diamètres spécifiés par le modèle. Le modèle calcule ensuite le coût total des tuyaux de la ligne principale pour l'ensemble des groupes de bâtiments du réseau urbain. Les coûts sont calculés selon les mêmes formules que celles utilisées pour calculer les coûts des tuyaux de la ligne de distribution secondaire (voir la figure des Coûts typiques de tuyaux de la ligne de distribution secondaire).

Si la méthode détaillée d'évaluation des coûts est choisit, l'utilisateur entre le coût total des tuyaux de la ligne de distribution principale pour chacun des diamètres spécifiés par le modèle. Le modèle calcule ensuite le coût total des tuyaux de la ligne principale pour l'ensemble des groupes de bâtiments du réseau urbain.

Les coûts proposés dans la figure incluent la fourniture du matériel (un tuyau d'alimentation et un tuyau de retour) et son installation par mètre de tranchée. Les coûts par mètre de la figure sont valables pour deux tuyaux pré-isolés spécialement conçus pour les réseaux urbains, et installés dans une tranchée de 600 mm de profond. Les coûts comprennent aussi le remplacement d'un trottoir existant. Les coûts pourraient être plus élevés si l'installation se fait sur un site rocheux (roc en surface) ou sur un site avec plusieurs installations souterraines (c.-à-d., ligne téléphonique ou électrique, conduites d'égouts ou d'eau sanitaire, etc.).

Les coûts de la ligne de distribution principale peuvent être détaillés comme suit : 45 % pour le matériel, 45 % pour l'installation et de 10 % pour les équipements associés au pompage.

Coût total du réseau de chauffage urbain

Le modèle calcule le coût total du réseau de chauffage urbain, qui inclut, les coûts totaux des tuyaux de la ligne de distribution secondaire et principale, et le coût total des stations de transfert d'énergie.

Note : Arrivé à ce point l'utilisateur retourne à la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Analyse des coûts¹

Dans cette section du logiciel RETScreen d'analyse de projets sur les énergies propres, la feuille de calcul *Analyse des coûts* aide l'utilisateur à estimer les coûts liés à un projet de chauffage à la biomasse ou de récupération thermique. Le modèle considère les coûts d'investissement et les frais annuels. Pour plus d'information l'utilisateur peut aussi consulter la base de données de produits en ligne RETScreen. Cette base de données inclut les coordonnées de fournisseurs qui pourront donner des prix ou toute autre information.

Typiquement, les coûts les plus bas d'une installation automatisée de chauffage à la biomasse sont obtenus lorsque les critères suivants sont réunis :

- distance de raccordement et d'approvisionnement relativement faible ;
- systèmes hydroniques de chauffage déjà existants et faciles à raccorder au nouveau système ;
- chaufferie déjà existante permettant d'accueillir la centrale de chauffage ; et
- pas besoin de construire de nouvelles voies d'accès pour la livraison du biocombustible.

C'est dans les nouvelles constructions que les systèmes automatisés de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique sont souvent les plus rentables, et plus particulièrement lorsqu'on envisage déjà la mise en place d'un système centralisé de chauffage, car une grande partie des coûts liés aux « infrastructures connexe » sont engagés de toute manière. Les projets de rénovation comportant des réparations ou des remises à neuf d'un système de chauffage existant sont ensuite les plus rentables. Toutefois, il est possible que des coûts élevés de chauffage rendent un système à la biomasse et/ou de récupération thermique financièrement attrayant dans les cas où l'on envisage la rénovation d'installations de chauffage.

Dans les deux cas précédents, le prix des matériaux et les frais de main-d'œuvre doivent être payés même si l'on n'installe pas de système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. L'utilisateur veillera donc à dresser un bilan détaillé des coûts d'investissement qui peuvent être crédités des coûts de l'installation du système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. Il est fort probable que des coûts d'ingénierie et de conception et d'autres coûts de développement puissent aussi être crédités, étant donné qu'une partie du temps consacré à ces activités aurait été consacrée au système conventionnel de chauffage. Une case « Crédit » a été prévue dans la feuille de calcul pour permettre aux analystes de l'étude de pré faisabilité de bien identifier comment on a tenu compte de ces économies dans l'analyse financière du projet.

¹ On rappelle à l'utilisateur que la plage de coût indicative donnée dans cette version de RETScreen est exprimée en \$ canadiens, basés sur les prix de 2000. Certains prix peuvent fortement varier dans le temps, aussi, l'utilisateur doit s'assurer de leur validité. (1 \$ canadien valait environ 0,68 \$US et 0,68 Euro au 1^{er} janvier 2000).

Type d'analyse

L'utilisateur choisit le type d'analyse à partir de la liste déroulante. Pour une « analyse de préfaisabilité », le modèle exige des estimations moins détaillées et moins précises, alors qu'une « analyse de faisabilité » exige généralement plus détails et de précision dans les estimations.

Pour mieux comprendre le contexte, il faut se placer dans la situation dans laquelle on se trouve lorsque l'on présente une demande de financement d'un projet énergétique à un organisme de prêt ou de subvention. Il est vraisemblable que les premières questions qui seront posées tourneront autour de « Est-ce que votre évaluation des coûts est précise ? Quelle est la probabilité qu'il y ait un dépassement des coûts ? Comment ce projet se compare-t-il financièrement à d'autres options ? » Il est très difficile de répondre à ces questions avec un quelconque niveau de confiance. En effet, quiconque aura préparé les données d'un tel projet aura eu à se débattre entre deux contradictions :

- Maintenir à un faible niveau les frais de développement du projet, au cas où son financement ne pourrait pas être réalisé, ou au cas où le projet s'avérerait non rentable en comparaison d'une autre option énergétique.
- Engager des frais de conception et du temps additionnels, afin de pouvoir évaluer avec plus de précision et de confiance les coûts du projet et de connaître plus précisément les quantités d'énergie économisées ou produites par le projet.

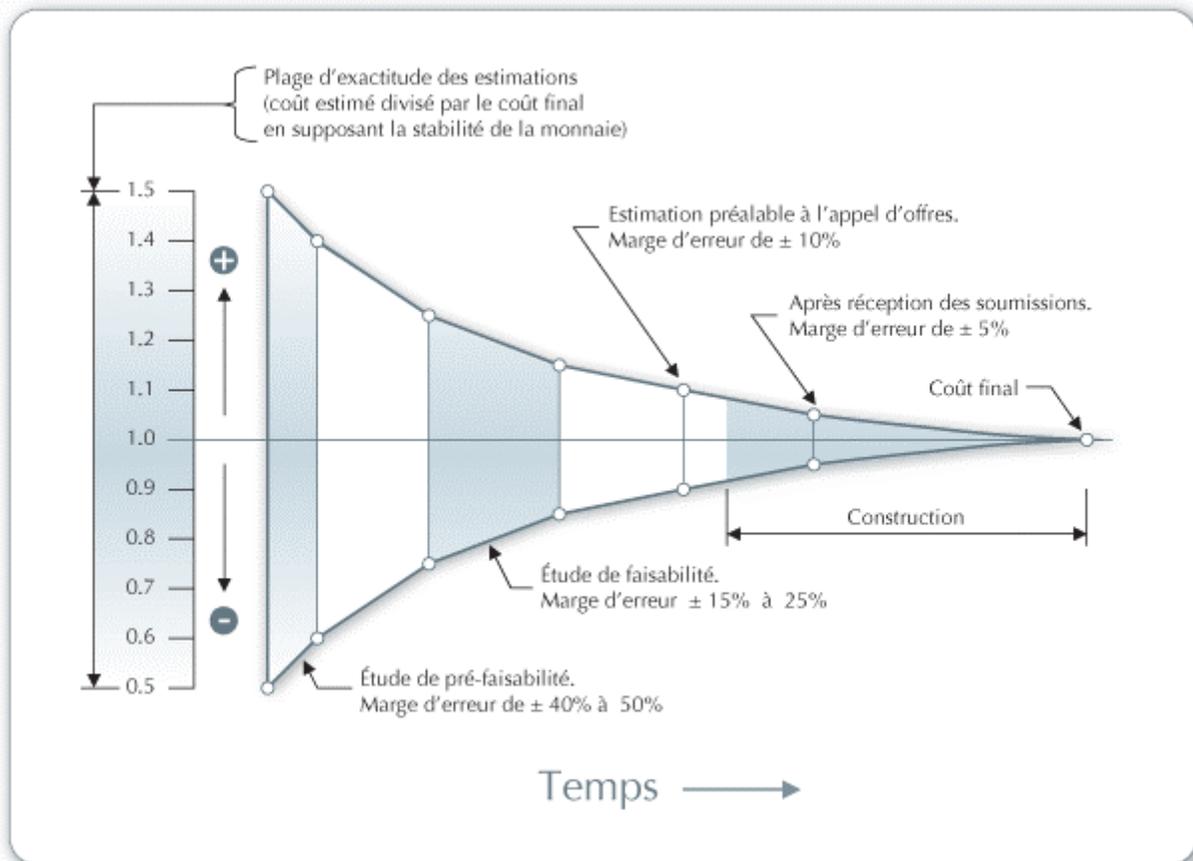
Pour éviter autant que possible la situation d'avoir à choisir entre les deux positions, il est habituellement recommandé de faire progresser le projet selon les quatre étapes suivantes

- Analyse de préfaisabilité
- Analyse de faisabilité
- Développement (incluant le montage financier) et conception
- Construction et mise en service

En passant d'une étape à l'autre, on peut augmenter plus ou moins d'un ordre de grandeur les montants à engager pour les compléter. Mais à chaque fois aussi, le niveau d'incertitude dans l'estimé des coûts du projet est réduit environ de moitié. Ce processus est illustré dans la figure d'exactitude des estimations de coûts de projets [Gordon, 1989], qui s'applique aux projets hydroélectriques.

À la fin de chaque étape, le promoteur du projet considère généralement être arrivé à un point où il doit décider s'il passe ou non à l'étape suivante du projet. Des études de préfaisabilité et de faisabilité de haute qualité, mais à coût abordable, sont donc très importantes aux yeux des promoteurs car elles leur permettent d'éliminer plus rapidement des projets qui n'ont pas de sens au plan financier, mais aussi d'identifier, avant même de s'engager dans la construction, sur quels points particuliers il vaut mieux consacrer ses efforts lors du développement et de la conception

du projet. Le logiciel RETScreen d'analyse de projets sur les énergies propres peut être aussi bien utilisé pour préparer une première analyse de pré-faisabilité que pour préparer une analyse de faisabilité plus détaillée.



Exactitude des estimations de coûts de projets [Gordon, 1989]

Devise

L'analyse d'un projet avec RETScreen peut se faire dans n'importe quelle monnaie choisie dans la cellule «Devise» de la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

L'utilisateur sélectionne la devise. Ce choix se répercutera sur toutes les cellules où des coûts sont impliqués dans le projet d'analyse. Par exemple, si l'utilisateur choisit « \$ », tous les champs d'ordre monétaire seront exprimés en \$.

L'option « Définie par l'utilisateur » permet d'entrer manuellement un autre symbole monétaire dans une cellule voisine à la liste déroulante «Devise». L'entrée est limitée à 3 caractères (p. ex. \$US, £, ¥, etc.). Cette option offre aussi la possibilité d'utiliser des facteurs multiplicatifs qui aident la lecture des données financières de projets d'envergure (par exemple k\$ permet d'éliminer un facteur 1 000 dans la présentation des coûts en \$).

L'utilisateur peut également choisir « Aucune » pour n'utiliser aucune devise. Dans le cas des valeurs normalisées (p. ex. \$/kWh), l'unité monétaire sera remplacée par un tiret (-/kWh).

En désignant un pays dans la liste déroulante, on obtient automatiquement le code de devise à trois lettres de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), par exemple AFA pour l'Afghanistan. Généralement, les deux premières lettres caractérisent le pays (AF pour Afghanistan) et la dernière la monnaie (A pour Afghani).

Dans certains projets (par exemple lorsque plusieurs équipements sont importés mais que le reste du projet est acheté localement), il peut être pratique d'utiliser deux monnaies différentes. Pour ce faire, l'utilisateur peut utiliser l'option « Deuxième devise » dans la liste déroulante de la cellule « Coûts de référence ».

Certains symboles de devises peuvent être difficiles à lire à l'écran (p. ex. €) ; ce problème est causé par la valeur du zoom applicable à la feuille de calcul. L'utilisateur peut augmenter le zoom de façon à voir correctement ces symboles. Habituellement, les symboles sont bien lisibles à l'impression même s'ils n'apparaissent pas correctement à l'écran.

Coûts de référence

Dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*, l'utilisateur peut choisir différentes bases de référence pour l'aider à estimer les coûts d'implantation d'un projet. Il a ainsi la possibilité de modifier les colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût » en utilisant l'une des 3 options suivantes : « Canada - 2000 », « Aucun », « Deuxième devise », ou un choix de 8 options définies par l'utilisateur (« Entrée 1 », « Entrée 2 », etc.).

Si l'utilisateur choisit « Canada - 2000 » les plages de valeurs données dans les colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût » concernent des projets au Canada, avec des coûts en \$ canadiens, valides en 2000.

Si l'utilisateur choisit « Aucun », les colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût » sont cachées. Cela permet d'alléger la présentation d'un rapport utilisant les feuilles de calcul RETScreen.

Si l'utilisateur choisit « Deuxième devise », deux nouvelles cellules d'entrée de données apparaissent à la ligne suivante : « Deuxième devise » et « Taux : 1^{re} devise/2^e devise ». De plus, les colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût » sont chacune remplacées par « % étranger » et « Montant étranger ». Cette option permet à l'utilisateur d'exprimer certains coûts du projet en une seconde devise, tenant ainsi compte des montants qui doivent être payés dans une devise autre que celle choisie pour l'analyse de projet. Bien noter que ces colonnes sont données à titre indicatif seulement et n'ont aucune incidence sur les calculs et l'analyse des autres feuilles de calcul.

Si l'utilisateur choisit « Entrée 1 » (ou un quelconque des 8 autres choix possibles), il peut entrer manuellement d'autres valeurs de quantités ou de coûts, spécifiques à la région d'implantation du projet, ou pour une autre année de référence des coûts. L'utilisateur peut ainsi personnaliser le contenu des colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût ». Au lieu d'entrer « Entrée 1 »

L'utilisateur peut écrire ce qu'il veut (p. ex. Japon - 2001) pour décrire de nouvelles plages de coûts et de quantités. L'utilisateur peut aussi utiliser plusieurs plages de coûts et quantités dans un même projet (on peut en choisir jusqu'à 8 différentes), permettant d'évaluer en parallèle jusqu'à 8 scénarios différents de coûts et quantités qui peuvent être utilisés à titre de référence pour des analyses ultérieures avec RETScreen, créant ainsi une nouvelle base locale de données de référence.

Deuxième devise

Dans certains projets (par exemple lorsque plusieurs équipements sont importés mais que le reste du projet est acheté localement), il peut être pratique d'utiliser une deuxième unité monétaire. Pour ce faire, l'utilisateur choisira « Deuxième devise » dans la liste déroulante de la cellule « Coûts de référence ».

L'option « \$ » fait apparaître « \$ » comme unité monétaire dans la colonne « Montant étranger ».

L'option « Définie par l'utilisateur » permet d'entrer manuellement d'autres symboles monétaires dans la cellule de la liste déroulante. On devra se limiter à 3 caractères (p. ex. \$US, £, ¥, etc.). Cette option offre aussi la possibilité d'utiliser des facteurs multiplicatifs qui aident la lecture des données financières de projets d'envergure (par exemple k \$ permet d'éliminer un facteur 1 000 dans la présentation des coûts en \$).

En choisissant « Aucune », il n'y a aucun symbole monétaire qui apparaîtra dans la colonne « Montant étranger ».

En désignant un pays dans la liste déroulante, on obtient automatiquement le code de devise à trois lettres de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), par exemple AFA pour l'Afghanistan. Généralement, les deux premières lettres caractérisent le pays (AF pour Afghanistan) et la dernière la monnaie (A pour Afghani).

Certains symboles de devises peuvent être difficiles à lire à l'écran (p. ex. €) ; ce problème est causé par la valeur du zoom applicable à la feuille de calcul. L'utilisateur peut augmenter le zoom de façon à voir correctement ces symboles. Habituellement, les symboles sont bien lisibles à l'impression même s'ils n'apparaissent pas correctement à l'écran.

Taux : 1re devise/2e devise

L'utilisateur indique le taux de change entre la monnaie choisie dans « Devise » et celle de « Deuxième devise ». Ce taux de change sert uniquement à calculer les montants de la colonne « Montant étranger » et n'affecte aucunement les résultats des autres feuilles de calcul. Ce taux de change exprime la quantité d'argent de la première unité monétaire nécessaire à l'achat d'une unité de la deuxième monnaie.

Par exemple, pour un projet en Afghanistan, la « Devise » choisie pour le projet (la « première » monnaie) serait (AFA). Si l'utilisateur choisit les États-Unis (USD) comme « Deuxième devise », le « Taux : AFA/USD » est la quantité d'AFA nécessaire pour obtenir 1 USD. En utilisant

ensuite la colonne « % étranger », l'utilisateur pourra automatiquement calculer les coûts de ce projet qui devront être payés en USD.

% étranger

L'utilisateur entre le pourcentage du coût d'un composant qui doit être payé dans une autre monnaie. La deuxième devise est choisie dans la liste déroulante qui est offerte dans la nouvelle cellule « Deuxième devise ».

Montant étranger

Le modèle calcule le montant d'un composant ou d'un service qui devra être payé dans la deuxième devise. Cette valeur dépend du taux de change et du pourcentage du coût d'un composant qui doit être payé dans une autre monnaie tel que spécifiés par l'utilisateur.

Coûts d'investissement (crédits)

Nous présentons les coûts d'investissement d'un projet de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. Ils entrent dans les catégories suivantes : exécution de l'étude de faisabilité, étapes de développement du projet, travaux d'ingénierie, achat et installation des équipements directement reliés à la production d'énergie, implantation des infrastructures connexes, et coûts divers.

Étude de faisabilité

Quand l'analyse de pré-faisabilité effectuée à l'aide du modèle RETScreen est encourageante pour un projet de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, on passe généralement à une étude de faisabilité plus détaillée. Celle-ci est surtout nécessaire pour les projets importants de plusieurs bâtiments. En général, l'étude de faisabilité comprend l'inspection du site, l'évaluation des disponibilités de biomasse proche du site, des travaux de conception préliminaire et la production d'un rapport final. Des coûts de voyages et d'hébergement liés à l'étude de faisabilité sont à prévoir. Les paragraphes ci-dessous décrivent en détail les coûts de tous les aspects de cette étude.

Dans le cas de petits projets (alimentation d'un seul bâtiment où la demande d'énergie sera peu élevée), il se peut que le coût de l'étude de faisabilité ne puisse se justifier par rapport au coût du système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. Le promoteur pourrait alors passer directement au stade suivant, combinant des activités de l'étude de faisabilité et de développement.

Note : Le logiciel RETScreen d'analyse de projets sur les énergies propres peut servir à préparer l'étude de faisabilité.

Inspection du site

Les projets de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique nécessitent habituellement l'inspection du site, qui comporte un court examen des principaux bâtiments qu'on prévoit alimenter en eau chaude. Dans le cas d'un réseau de distribution de chaleur, on s'intéressera aux groupes de bâtiments chauffés au mazout ou à l'électricité qui ne sont pas éloignés de plus de 500 mètres les uns des autres. Généralement, les grands bâtiments chauffés au mazout ou à l'électricité sont des écoles, des hôpitaux ou des cliniques, des églises, des garages, des résidences pour personnes âgées et des administrations publiques.

Après avoir déterminé quels bâtiments ou groupe de bâtiments offrent le plus grand potentiel, on effectue généralement une analyse détaillée. Cette analyse comprend les travaux suivants :

- mesure de la distance entre les différents bâtiments ;
- détermination de la consommation de combustible de chaque bâtiment ;
- mesure de la superficie des bâtiments et de leur niveau d'isolation thermique ;
- étude des systèmes existants de chauffage existants, incluant la production d'un document indiquant, entre autres, les caractéristiques et la localisation des systèmes existants ou les problèmes de conversion au chauffage à biomasse ;
- sélection d'un site pour la nouvelle chaufferie ;
- préparation d'un plan sommaire des voies d'accès et d'une aire de stockage du bois.

La durée de l'inspection du site inclut le temps consacré à la préparation des réunions, à la visite des lieux, à l'obtention des renseignements nécessaires ainsi que le temps de déplacement (on n'inclut pas les frais de voyage ; voir le sujet « Voyages et hébergement » plus loin).

Le temps nécessaire à la visite des lieux ainsi qu'à l'analyse détaillée des bâtiments et du site varie selon le nombre de bâtiments et la complexité du système de chauffage en place ; il faut parfois y ajouter le temps pour obtenir les données sur la consommation de combustible. Le coût de l'inspection du site dépend de la durée des travaux et des déplacements. On prévoit habituellement de 7 à 16 heures sur le site, à raison de 40 \$ à 100 \$ l'heure.

Évaluation des ressources

La biomasse ou la récupération thermique ne sont considérées comme de l'énergie renouvelable que si elles sont récoltées selon les principes du développement durable. Le promoteur doit faire une évaluation attentive de la ressource pour vérifier si celle-ci répond à la demande d'énergie de façon écologique et rentable. Dans le cas des petites installations de chauffage à biomasse commerciales, la consommation ne dépasse généralement pas 1 500 tonnes, soit un volume

considéré comme relativement faible dans la plupart des régions forestières. Une évaluation sommaire du stock de biomasse sera alors suffisante au stade de l'étude de faisabilité.

Essentiellement, le promoteur doit se demander s'il existe d'importantes ressources forestières durables pouvant être transportées sur une distance raisonnable au moyen de véhicules efficaces. Pour trouver la réponse à cette question, le promoteur peut effectuer un court relevé aérien ou emprunter les chemins et les voies d'eau des environs pour réaliser son évaluation.

Cette rapide évaluation de la quantité de biomasse prend généralement de 6 à 12 heures, selon l'ampleur des études sur le terrain et des travaux de collecte et d'analyse de données. Les tarifs habituellement fixés par les spécialistes de ce genre de travaux sont de 40 \$ à 100 \$ l'heure. Toutefois, l'étape de l'évaluation de la quantité de biomasse peut être souvent combinée à l'inspection du site. Il faudra peut-être ajouter le coût de location d'un avion si un relevé aérien s'impose (le cas échéant, on l'ajoute aux coûts indiqués sous le sujet «Voyages et hébergement » de la feuille de calcul).

Conception préliminaire

La conception préliminaire permet de synthétiser l'information recueillie à l'étape précédente. La conception est généralement basée sur les méthodes couramment employées dans la plupart des projets de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. Toutefois, certains éléments, comme l'aire de stockage du bois ou les voies d'accès, peuvent être particuliers aux sites proposés pour les installations.

L'analyse de conception préliminaire prend de 6 à 8 heures, selon le nombre de bâtiments et les caractéristiques particulières au site, et le taux horaire varie de 40 \$ à 100 \$ environ.

Préparation du rapport

Il est conseillé de produire un rapport sommaire exposant les résultats de l'étude de faisabilité et formulant des recommandations. Le rapport complet doit décrire clairement le projet au moyen de sommaires de données, de graphiques, de tableaux et d'illustrations. Il devrait présenter les coûts ainsi que le rendement et les risques prévus de façon suffisamment détaillée pour permettre aux responsables du projet et aux autres décideurs d'évaluer le projet.

Le calcul du coût de préparation du rapport est basé sur une estimation du temps dont un spécialiste a besoin, y compris le temps nécessaire à la préparation de l'étude de faisabilité, qui totalise habituellement de 16 à 32 heures. Les principales variables entrant dans ce calcul sont le nombre de bâtiments à chauffer, la complexité du raccordement des bâtiments, les exigences particulières concernant l'emplacement des installations de chauffage ou d'approvisionnement en bois (p. ex. construction d'une rampe de déchargement) ainsi que les conclusions et recommandations relatives à l'approvisionnement, au stockage et à la transformation de la biomasse en copeaux de bois sec. Le taux horaire est d'environ 40 \$ à 100 \$.

Voyages et hébergement

Entrent dans ce sujet tous les frais de déplacement (exception faite du temps) engagés pour l'exécution de toutes les phases de l'étude de faisabilité par les divers membres de l'équipe : prix des billets d'avion, frais de location de véhicule et d'hébergement et indemnités journalières. Il se peut que les fournisseurs de services ne fassent pas payer leur temps et leurs frais pour les déplacements locaux. Si le site se trouve dans une localité isolée, les déplacements par avion sont longs et coûteux ; le cas échéant, il serait préférable de grouper plusieurs projets pour l'étude de faisabilité afin de répartir les coûts d'inspection des lieux entre ces projets.

Les tarifs de transport aérien vers les régions isolées sont très variables, mais ils équivalent généralement au double des tarifs exigés pour des trajets comparables dans les régions peuplées. Étant donné que les déplacements entrent pour une part importante dans les coûts des travaux dans ces régions et que les tarifs sont très variables, il est conseillé de recourir aux services d'un agent de voyages ayant l'expérience de ce genre de destination. De même, à ces endroits, les tarifs d'hébergement de classe moyenne sont en général deux fois plus élevés que ceux pratiqués dans les régions peuplées, soit de 180 \$ à 250 \$ par jour.

Autres

Ces cellules permettent de regrouper tous les coûts ou les crédits d'une étape du projet qui ne sont pas couverts ailleurs. L'utilisateur peut y entrer une « Quantité » et un « Coût unitaire ». Le « Coût unitaire » doit toujours être un nombre positif. Plutôt que d'affecter un signe positif ou négatif, l'utilisateur doit choisir dans la liste déroulante offerte dans la colonne « Unité » entre « Coût » ou « Crédit ».

L'utilisateur peut entrer un nom pour identifier le coût d'un produit ou d'un service à considérer dans la cellule grise de la première colonne. Il suffit ensuite de sélectionner l'option « Coût » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». Ce poste budgétaire sert à tenir compte des différences entre les projets, les technologies ou les régions qui n'ont pas été expressément signalées dans l'information générale fournie.

Dans cette même cellule grise un crédit peut être imputé à un produit ou à un service. L'utilisateur choisit pour cela l'option « Crédit » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». En effet, un projet peut être crédité des coûts en matériel ou main-d'œuvre qui auraient dû être de toute façon consacrés au projet de référence ou à la source conventionnelle d'énergie. Un crédit apparaîtra comme négatif dans la colonne « Montant ».

Développement

Lorsque l'étude de faisabilité montre que le projet de chauffage à la biomasse ou de récupération thermique est viable, on peut entreprendre la phase du développement. Dans certains cas, l'étude de faisabilité et les activités de développement et d'ingénierie peuvent se dérouler en même temps, selon les niveaux de risque et de rendement de l'investissement que le promoteur juge acceptables.

Il existe différents types de promoteurs de projets de chauffage à la biomasse. Il arrive souvent que le client soit le propriétaire de l'immeuble ou des immeubles à chauffer et que le promoteur soit le fournisseur local de systèmes de chauffage à biomasse et/ou de récupération thermique et qu'il assure des services complets de conception et de construction. Il arrive aussi que le promoteur soit un entrepreneur général, qui achète le système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique pour le compte du propriétaire de l'immeuble ou des immeubles. Il se peut également que le promoteur soit une entreprise de services éco-énergétiques (ESCO), de services publics ou un département des travaux publics de la région qui achète le système de chauffage et vend l'énergie à des propriétaires d'immeubles. Les coûts liés aux activités de développement des projets dépendent de l'entente conclue relativement au développement. Ils comprennent les coûts liés aux aspects suivants : la négociation des contrats, les approbations et permis, le financement du projet ainsi que la gestion du projet et les frais de voyage au stade du développement.

Négociations des contrats

Si l'on décide d'exécuter le projet après des résultats encourageants de l'étude de faisabilité, le promoteur devra conclure des arrangements financiers et négocier un contrat avec les autres intervenants.

Ces démarches peuvent prendre beaucoup de temps, surtout s'il y a un grand nombre d'intervenants, tels qu'un fournisseur de combustible, un exploitant d'installation de chauffage et plusieurs clients. En général, elles prennent de 32 à 80 heures, à raison de 50 \$ à 100 \$ l'heure.

Approbations et permis

L'exécution du projet peut nécessiter plusieurs approbations et permis. Le calcul du coût d'obtention des approbations et des permis nécessaires repose sur une estimation du temps que prennent les travaux des divers inspecteurs (électricité, chaudières, sécurité-incendie) et des organismes de réglementation de l'exploitation des forêts (approvisionnement en combustible) et des émissions atmosphériques.

Le temps nécessaire dépend du nombre d'intervenants et des conditions précises à remplir pour respecter la réglementation ; il faut généralement compter de 40 à 80 heures, à raison de 40 \$ à 100 \$ l'heure. L'utilisateur du modèle peut aussi ajouter au nombre d'heures, ou au coût unitaire, un montant équivalant aux droits des permis à obtenir. Ces droits sont habituellement mineurs en comparaison du coût total du projet.

Financement du projet

Le temps et les démarches nécessaires au financement du projet sont fonction du lien existant entre le promoteur et le client. Dans la plupart des cas, comme le client est le propriétaire des immeubles et que le promoteur est le fournisseur du système de chauffage, les coûts de financement du projet sont minimes. Habituellement, le financement du projet est prévu aux budgets d'immobilisation ou d'exploitation et d'entretien du client, et le promoteur aidera le client

dans ses démarches de financement. Si le promoteur est une entreprise de services éco-énergétiques (ESCO) ou de services publics, il faudra vraisemblablement consacrer beaucoup plus de temps et d'énergie au financement du projet, à la négociation d'un contrat de services énergétiques avec le propriétaire et à la préparation des documents juridiques. Il faut compter de 32 à 48 heures, à raison de 50 \$ à 100 \$ l'heure, pour les démarches nécessaires à l'obtention du financement, selon que le promoteur est le fournisseur du système de chauffage ou une entreprise de services éco-énergétiques ou de services publics.

Gestion du projet

Le coût de gestion du projet devrait comprendre les frais estimés de gestion à toutes les étapes de la phase du développement, incluant le coût des activités de relations publiques. Le temps consacré à ces activités dépend de la complexité du projet, du nombre d'intervenants, du volume de combustible nécessaire et de l'étendue de la zone d'approvisionnement en combustible.

La durée de la phase de développement d'un projet de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique est moyenne en comparaison d'autres projets d'exploitation d'énergie propre, soit de un à deux ans. Quant au temps nécessaire à la gestion du projet, il varie habituellement entre 30 et 80 heures, à raison de 50 \$ à 100 \$ l'heure.

Voyages et hébergement

Ce sujet comprend tous les coûts reliés aux déplacements, sauf le temps, pendant la phase du développement.

Autres

Ces cellules permettent de regrouper tous les coûts ou les crédits d'une étape du projet qui ne sont pas couverts ailleurs. L'utilisateur peut y entrer une « Quantité » et un « Coût unitaire ». Le « Coût unitaire » doit toujours être un nombre positif. Plutôt que d'affecter un signe positif ou négatif, l'utilisateur doit choisir dans la liste déroulante offerte dans la colonne « Unité » entre « Coût » ou « Crédit ».

L'utilisateur peut entrer un nom pour identifier le coût d'un produit ou d'un service à considérer dans la cellule grise de la première colonne. Il suffit ensuite de sélectionner l'option « Coût » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». Ce poste budgétaire sert à tenir compte des différences entre les projets, les technologies ou les régions qui n'ont pas été expressément signalées dans l'information générale fournie.

Dans cette même cellule grise un crédit peut être imputé à un produit ou à un service. L'utilisateur choisit pour cela l'option « Crédit » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». En effet, un projet peut être crédité des coûts en matériel ou main-d'œuvre qui auraient dus être de toute façon consacrés au projet de référence ou à la source conventionnelle d'énergie. Un crédit apparaîtra comme négatif dans la colonne « Montant ».

Ingénierie

Les coûts d'ingénierie comprennent les frais engagés pour le choix de l'emplacement de la centrale de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, la conception de la chaufferie et des systèmes énergétiques, les appels d'offres et les contrats et la surveillance des travaux. Si le contrat accordé couvre la conception et la construction, tous les coûts seront inclus dans ceux fournis par le fournisseur de l'équipement ou l'entrepreneur chargé d'exécuter le projet. Si le contrat est accordé dans le cadre d'un appel d'offres basé sur un devis préparé par une société d'ingénieurs-conseils, il faut inclure les frais d'ingénierie engagés par la firme chargée de surveiller l'exécution des travaux, voire par le fournisseur de l'équipement.

Conception du site et de la chaufferie

La disposition du site comprend la sélection du bâtiment ou du groupe de bâtiments qui seront alimentés par le système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, le choix de l'emplacement des installations de chauffage, la situation des voies d'accès et de l'aire de stockage de la biomasse. En règle générale, les dimensions d'une petite chaufferie commerciale peuvent se comparer à celles d'un garage résidentiel. Le plancher du bâtiment doit être en béton et les murs de la pièce utilisée pour le stockage du combustible doivent être assez résistants pour permettre l'utilisation d'une chargeuse frontale.

La disposition du site et la conception de la chaufferie prend généralement de 12 à 18 heures, selon les restrictions relatives au site, le genre de véhicules utilisés pour la livraison du combustible, l'espace de manœuvre nécessaire, et l'espace nécessaire pour le stockage des copeaux de bois. Le taux horaire courant varie de 40 \$ à 100 \$.

Conception du système énergétique

La conception des petites installations commerciales de chauffage à biomasse est généralement assez simple, et il n'existe que de petites différences d'un cas à l'autre. Parmi les facteurs entrant dans le calcul des coûts, on retrouve : le nombre de chambres de combustion et de chaudières, la taille et la capacité des chambres de combustion et des chaudières, le type de combustible, la taille et la vitesse de rotation de la vis sans fin, le rapport du démultiplicateur, la puissance du moteur d'entraînement de la vis sans fin (en général moins de 1 kW) et des dispositifs optionnels du système, comme des alarmes. La conception du système de distribution de chaleur est une importante tâche de la phase de conception pour les petits systèmes commerciaux à la biomasse. Elle comprend le choix du tracé et du diamètre optimal des tuyaux de distribution, la détermination du point et du mode de raccordement aux systèmes de chauffage de chaque bâtiment ainsi que le choix des compteurs de chaleur, si l'on décide d'en installer, et leur positionnement.

La conception d'un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique prend habituellement de 14 à 30 heures, à raison de 40 \$ à 100 \$ l'heure. Les facteurs qui font varier le temps de conception sont le degré d'automatisation désiré, le nombre de bâtiments en cause, les différents types de systèmes de distribution de chaleur en place dans les bâtiments existants

(p. ex. à eau chaude ou à air chaud) et la complexité du raccordement à chaque bâtiment.

Appels d'offres et contrats

Quand les travaux de génie sont terminés, il peut être nécessaire de produire des documents d'appels d'offres pour choisir les entrepreneurs qui exécuteront les travaux. Une fois l'appel d'offres lancé s'engage le processus d'adjudication de contrats qui implique des négociations et l'établissement des relations nécessaires à l'exécution du projet.

Le temps de préparation d'un ensemble de documents d'appels d'offres varie selon la complexité et l'envergure du projet. S'il faut produire ces documents, l'utilisateur du modèle doit compter de 12 à 20 heures, à raison de 40 \$ à 100 \$ l'heure.

Surveillance des travaux

Sous le sujet « Surveillance des travaux » sont résumés les coûts estimés qu'on engagera pour que les installations soient construites conformément à la conception. Cette surveillance, qui est assurée par la société d'ingénieurs-conseils qui coordonne les travaux, le fournisseur de l'équipement ou le gestionnaire du projet, nécessite des inspections régulières sur les lieux.

La surveillance des travaux peut prendre de 30 à 80 heures, à raison de 40 \$ à 100 \$ l'heure, selon la durée des travaux. La durée des déplacements s'ajoute au temps prévu, mais les frais de déplacement devraient être pris en considération dans le sujet « Développement ».

Autres

Ces cellules permettent de regrouper tous les coûts ou les crédits d'une étape du projet qui ne sont pas couverts ailleurs. L'utilisateur peut y entrer une « Quantité » et un « Coût unitaire ». Le « Coût unitaire » doit toujours être un nombre positif. Plutôt que d'affecter un signe positif ou négatif, l'utilisateur doit choisir dans la liste déroulante offerte dans la colonne « Unité » entre « Coût » ou « Crédit ».

L'utilisateur peut entrer un nom pour identifier le coût d'un produit ou d'un service à considérer dans la cellule grise de la première colonne. Il suffit ensuite de sélectionner l'option « Coût » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». Ce poste budgétaire sert à tenir compte des différences entre les projets, les technologies ou les régions qui n'ont pas été expressément signalées dans l'information générale fournie.

Dans cette même cellule grise un crédit peut être imputé à un produit ou à un service. L'utilisateur choisit pour cela l'option « Crédit » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». En effet, un projet peut être crédité des coûts en matériel ou main-d'œuvre qui auraient dû être de toute façon consacrés au projet de référence ou à la source conventionnelle d'énergie. Un crédit apparaîtra comme négatif dans la colonne « Montant ».

Équipements énergétiques

Dans le cas d'une centrale de chauffage à la biomasse, le coût des équipements de production comprend le prix du système de récupération thermique, des générateurs d'eau chaude (chaudières), des systèmes de combustion (brûleurs) et des pièces de rechange, des conduits de cheminée, de la tuyauterie, des fournitures et des appareils électriques et les coûts de transport et d'installation des équipements. L'utilisateur peut consulter la base de données de produits en ligne RETScreen pour contacter des fournisseurs et ainsi obtenir des prix ou toute autre information. Ces coûts sont décrits en détail ci-après.

Système de récupération thermique

L'utilisateur entre le coût du système de récupération thermique par kW. La puissance (kW) du système est transférée de la feuille de calcul *Modèle énergétique* vers la feuille de calcul *Analyse des coûts*. Cette valeur inclut le coût des équipements et leur installation.

Le coût d'un système de récupération thermique peut varier considérablement dépendant de la source d'énergie qui est récupérée. Par exemple, le coût typique d'un système de récupération thermique de 100 kW sur un moteur à explosion (pistons), comprenant des échangeurs de chaleur (incluant la récupération de chaleur sur les gaz d'échappement et sur l'huile à moteur) et des contrôles est de l'ordre de 100 000 \$ ou 1 000 \$/kW.

Système de chauffage à la biomasse (chaudière)

L'utilisateur entre le coût du système de chauffage à la biomasse par kW. La puissance (kW) du système de chauffage à la biomasse est transférée de la feuille de calcul *Modèle énergétique* vers la feuille de calcul *Analyse des coûts*. Les tableaux suivants proposent des valeurs typiques de «coûts par puissance» en \$/kW. L'utilisateur peut consulter la base de données de produits en ligne RETScreen pour contacter des fournisseurs et ainsi obtenir des prix ou toute autre information.

Le coût des chaudières (générateurs d'eau chaude sans le système de combustion) est fonction de la puissance. Toutefois, il y a relativement peu de différence de prix entre des chaudières de mêmes catégories étant donné que les frais de main-d'œuvre et le prix de nombreuses composantes, comme les pompes, les pièces de raccord et les commandes, sont en majeure partie invariables quelle que soit la puissance de la chaudière.

Le coût du système de combustion de la chaudière à biomasse dépend de la puissance des installations et de la qualité des composants utilisés. Toutefois, il y a généralement peu de différence de prix d'un système à l'autre étant donné qu'un minimum d'éléments de base sont nécessaires quel que soit le brûleur choisi : panneau de commande, moteur d'entraînement de la vis sans fin, main-d'œuvre employée pour la fabrication, etc. Parmi les composants dont le prix varie quelque peu, on retrouve les démultiplicateurs, les vis sans fin, ainsi que les trémies à combustible et les chambres de combustion (capacité et poids).

Le tableau donne des coûts typiques pour de petits systèmes commerciaux de chauffage à la biomasse.

Puissance (kW)	Coûts des composants (\$)				Coût total \$	Coût par kilowatt \$/kW	Capacité de la trémie m ³
	Chaudière	Brûleur	Cheminée	Pièces de rechange			
75	6 600	8 000	1 400	2 500	18 500	247	2,5
100	8 800	10 000	1 500	2 700	23 000	230	3,0
150	13 200	14 000	1 700	2 800	31 700	211	3,0
180	14 300	15 500	1 900	2 900	34 600	192	4,0
250	15 400	17 000	2 000	3 000	37 400	150	4,0

Coûts de petits systèmes commerciaux de chauffage à la biomasse

L'utilisateur doit déterminer le coût du système à combustion en fonction de la puissance de la chaudière à biomasse. À ce niveau d'analyse, le nombre de systèmes à combustion est supposé égale au nombre de chaudières. Le nombre de systèmes à combustion est normalement entre 1 et 3.

Le tableau donne des coûts typiques pour des systèmes commerciaux et industriels de chauffage à la biomasse.

Puissance (kW)	Coût total (\$)	Coût par kilowatt \$/kW	Capacité de la trémie m ³
1 000	245 000	245	76
1 500	272 000	181	114
2 000	300 000	150	153
2 500	335 000	134	191
3 000	378 000	126	229

Coûts de systèmes commerciaux/industriels de chauffage à la biomasse

Les systèmes de chauffage à la biomasse présentés dans le tableau précédent sont construits pour des usages commerciaux et industriels, ils sont donc plus robustes que les petits systèmes commerciaux présentés dans le premier tableau. Les coûts présentés ci-dessus comprennent un mécanisme automatique d'alimentation en biocombustible, une chambre de combustion, un ventilateur d'air de combustion, une chaudière, un dépoussiéreur de type multi-cyclone ou venturi, des conduits d'évacuation des gaz et la cheminée et des pièces de rechange (qui représente 1 % du coût total).

Pour les systèmes avec réseau de distribution de chaleur, le coût de la tuyauterie est calculé par le logiciel et inclut le coût de deux pompes de distribution et leur installation. La grosseur et le coût des pompes (typiquement une en opération et une autre en attente ou pour les urgences) varient en fonction de la puissance et de la complexité du système.

Installation des équipements de biomasse

L'utilisateur entre le coût d'installation des équipements de biomasse par kW. La puissance (kW) du système de chauffage à la biomasse est transférée de la feuille de calcul *Modèle énergétique* vers la feuille de calcul *Analyse des coûts*, permettant ainsi de calculer le coût d'installation des équipements.

Les tableaux donnent des coûts typiques d'installation pour de petits systèmes commerciaux et pour de plus gros systèmes commerciaux/industriels de chauffage à la biomasse.

Puissance (kW)	Main-d'oeuvre @ \$40-70/h (heure)	Matériels de plomberie (\$)	Matériels électriques (\$)	Coût par kilowatt (\$/kW)	
				@ \$40/h	@ \$70/h
75	80 h	3 200	1 500	105	137
100	80 h	3 300	1 700	82	106
150	90 h	3 500	2 000	61	79
180	90 h	3 700	2 300	53	68
250	100 h	3 800	2 500	41	53

Coûts typiques d'installation de petites chaudières commerciales à la biomasse

Puissance (kW)	Installation de la tuyauterie (heure)	Installation - électricité (heure)	Installation d'isolation ignifuge (heure)	Installation des équipements (heure)	Coût par kilowatt (\$/kW)	
					@ \$40/h	@ \$70/h
1 000	500	300	100	350	50	88
1 500	525	315	120	375	36	62
2 000	550	330	140	400	28	50
2 500	575	345	160	425	24	42
3 000	600	360	180	450	21	37

Coûts typiques d'installation de chaudières commerciales/industrielles à la biomasse

Le coût d'installation pour les systèmes avec réseau de distribution de chaleur, est inclut dans le coût de la tuyauterie.

Transport

Les frais de transport de l'équipement pour un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique varient en fonction du poids et de la grosseur des articles à expédier et de la distance à parcourir. Normalement, l'équipement est expédié par camion, sauf quand il n'y a pas d'accès routier, auquel cas il faut utiliser d'autres moyens de transport : chemin de fer, avion, bateau ou chemin d'hiver. Dans certains cas, il peut être nécessaire de recourir à plus d'un moyen de transport. Ainsi, on pourrait transporter l'équipement par camion du point d'expédition jusqu'à des installations de transport ferroviaire puis par train et ensuite par barge ou par avion jusqu'au point de destination. Chaque fois que l'équipement est transbordé, il doit y avoir quelqu'un sur place pour le réceptionner ou pour organiser le transbordement. Il peut être difficile d'estimer les frais de transport vers les régions isolées, et il est conseillé d'essayer d'établir l'itinéraire optimal.

À titre d'exemple, le poids des équipements d'un système de chauffage à la biomasse vendue en Amérique du Nord est d'environ 460 kg dans le cas d'un système de 75 kW (brûleur de biomasse, chaudière et pièces diverses) et d'environ 1 840 kg dans le cas d'un système de 200 kW.

Autres

Ces cellules permettent de regrouper tous les coûts ou les crédits d'une étape du projet qui ne sont pas couverts ailleurs. L'utilisateur peut y entrer une « Quantité » et un « Coût unitaire ». Le « Coût unitaire » doit toujours être un nombre positif. Plutôt que d'affecter un signe positif ou négatif, l'utilisateur doit choisir dans la liste déroulante offerte dans la colonne « Unité » entre « Coût » ou « Crédit ».

L'utilisateur peut entrer un nom pour identifier le coût d'un produit ou d'un service à considérer dans la cellule grise de la première colonne. Il suffit ensuite de sélectionner l'option « Coût » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». Ce poste budgétaire sert à tenir compte des différences entre les projets, les technologies ou les régions qui n'ont pas été expressément signalées dans l'information générale fournie.

Dans cette même cellule grise un crédit peut être imputé à un produit ou à un service. L'utilisateur choisit pour cela l'option « Crédit » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». En effet, un projet peut être crédité des coûts en matériel ou main-d'œuvre qui auraient dû être de toute façon consacrés au projet de référence ou à la source conventionnelle d'énergie. Un crédit apparaîtra comme négatif dans la colonne « Montant ».

Infrastructures connexes

Dans le cas d'un projet de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, les infrastructures connexes comprennent généralement des éléments comme une chaudière de pointe (souvent alimentée au mazout), ainsi qu'une chaudière de secours. Elles comprennent aussi les composants du système de distribution de chaleur, incluant les tuyaux de distribution et les tranchées qui les reçoivent, ainsi que les dispositifs de raccordement dans les bâtiments. De plus, il faut construire une chaufferie et aménager l'aire de transbordement du biocombustible. Les coûts de l'installation et du transport de l'équipement doivent être indiqués de façon distincte. Les coûts liés aux infrastructures sont décrits en détail ci-après. L'utilisateur fera attention de ne pas imputer au projet de chauffage à biomasse les coûts déjà prévus dans le projet d'installation neuve ou de rénovation, que le projet se fasse ou non. L'utilisateur doit essayer d'établir le coût d'immobilisation de l'équipement qui serait installé à la place du système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. La plupart du temps, il existe quatre cas de figures pour l'analyse économique du projet, présentés dans l'ordre, à partir de celui qui offre le plus intéressant potentiel de réduction des coûts d'investissement :

1. Projet de nouvelle construction. On envisage d'installer une centrale de chauffage traditionnelle.
2. Projet de nouvelle construction. On n'envisage pas d'installer de centrale de chauffage.

3. Projet de rénovation. On envisage de réparer ou de moderniser le système de chauffage existant.
4. Projet de rénovation. On n'envisage pas de réparer ou de moderniser le système de chauffage existant.

Système de chauffage de pointe

Comme il est indiqué dans la section portant sur le système de chauffage de pointe de la feuille de calcul *Modèle énergétique*, un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique comprend la plupart du temps une chaudière destinée à servir pendant les périodes de pointe.

Le coût d'une chaudière de pointe, lorsqu'il s'agit d'une chaudière au mazout, varie d'environ 85 \$/kW pour un appareil de grande puissance (de 400 kW par exemple) à 100 \$/kW pour un appareil de faible puissance (de 75 kW par exemple). On doit également inclure le coût d'un réservoir de mazout, de la plomberie et du perçage d'une ouverture (pour le conduit de cheminée), qui vont de 3 000 \$ à 6 000 \$ par chaudière. La puissance (kW) des chaudières au mazout est transférée de la feuille de calcul *Modèle énergétique* vers la feuille de calcul *Analyse des coûts*, permettant ainsi d'en calculer le coût. Les coûts combinés seront d'environ 10 000 \$ à 34 000 \$ par chaudière à mazout (85 \$/kW à 133 \$/kW).

Système de chauffage de secours

Comme il est indiqué dans la section décrivant le système de chauffage de secours de la feuille de calcul *Modèle énergétique*, le système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique peut comprendre une chaudière de secours destinée à servir en cas de panne de chaudière. Il peut être nécessaire d'installer une chaudière au mazout neuve, par exemple, à moins qu'on puisse utiliser à cette fin la chaudière existante.

Le coût d'une chaudière de secours au mazout varie de 6 000 \$ (75 kW) à 28 000 \$ (400 kW). Il faudrait également inclure le coût de la plomberie et du perçage d'une ouverture (pour le conduit de cheminée), qui vont de 3 000 \$ à 4 000 \$ par chaudière. Les coûts combinés seront d'environ 9 000 \$ à 32 000 \$ par chaudière au mazout (107 \$/kW à 75 \$/kW) (voir la description du coût des chaudières de pointe ci-dessus). À noter qu'il n'est pas nécessaire de prévoir les coûts d'un réservoir supplémentaire pour la chaudière de secours qui sera raccordée au même réservoir de mazout que la chaudière de pointe.

Station de transfert d'énergie

Le nombre de bâtiments et le coût de la (des) station(s) de transfert d'énergie sont transférés de la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau* vers la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

Tuyaux de la ligne de distribution secondaire

La longueur totale et le coût des tuyaux de la ligne de distribution secondaire sont transférés de la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau* vers la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

Tuyaux de la ligne de distribution principale

La longueur totale et le coût des tuyaux de la ligne de distribution principale sont transférés de la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau* vers la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

Construction de la chaufferie et de la cour

Pour une première estimation, l'utilisateur peut simplement entrer la surface (m²) du bâtiment qui va abriter le système de chauffage à la biomasse (chaufferie) et associer à cette valeur un coût combiné et unitaire 220 \$/m² à 470 \$/m².

On présente dans le tableau des dimensions typiques de bâtiments qui peuvent abriter un petit système de chauffage à la biomasse.

Dimension de la chaudière (kW)	Surface de planchers		Hauteur de plafond	
	(m)	(pi)	(m)	(pi)
75	3,6 x 5,5 = 19,8 m ²	12' x 18'	3,6	12'
250	4,3 x 7,3 = 31,4 m ²	14' x 24'	3,6	12'
2 x 250	7,2 x 7,2 = 51,8 m ²	24' x 24'	3,6	12'
2 500	13 x 12 = 156 m ²	43' x 39'	10	33'
	+ entreposage de combustible			
	4,5 x 17 = 76,5 m ²	15' x 56'		

Dimensions typiques de bâtiments qui peuvent abriter un petit système de chauffage à la biomasse

Noter que pour un système de 2 500 kW, l'espace pour le stockage du biocombustible doit être aussi inclus. Il faudrait isoler thermiquement le bâtiment, y compris l'espace prévu pour le stockage du combustible, pour éviter le gel des copeaux de bois. On peut aussi utiliser cet espace comme atelier. On construit en béton, à l'avant du bâtiment, une rampe de déchargement du combustible avec parois pour retenir le bois, à moins qu'on ne dispose d'un véhicule assez petit pour que le déchargement puisse se faire à l'intérieur même du bâtiment.

Le coût des matériaux de construction va de 170 \$/m² à 350 \$/m². L'utilisateur devrait demander une estimation à des entrepreneurs locaux, car la construction du bâtiment de la centrale peut représenter une partie importante des coûts du projet. Il faudrait également envisager la possibilité d'utiliser le bâtiment à d'autres fins, pour y aménager un atelier ou une aire de séchage de matériaux par exemple ; toutefois, dans la mesure du possible, il faudrait utiliser un ou des bâtiments existants pour éviter de faire monter les coûts.

La longueur totale des voies d'approche et la superficie de l'aire de déchargement et de stockage varient selon la configuration des lieux, le volume de bois qu'il faut stocker à l'extérieur et les

véhicules qui seront utilisés. L'espace doit être suffisant pour que ces véhicules puissent manœuvrer sans difficulté. Un espace trop restreint peut occasionner beaucoup de problèmes à l'utilisation.

Le coût de l'aménagement des voies d'approche et de la cour varient grandement, en fonction de la longueur des chemins et de la superficie de la cour, de la nature du sol et de l'éloignement des carrières de gravier. En général, ce coût va de 100 \$/m² à 200 \$/m² et la superficie, de 90 à 150 m². Dans certains cas, il peut être nécessaire d'acheter du terrain pour construire le bâtiment de la centrale et aménager l'aire de déchargement et de stockage. Il faut alors ajouter le prix d'achat du terrain, en dollars par mètre carré. S'il faut louer du terrain, le coût du bail doit être indiqué sous le sujet « Autres » dans la section *Frais annuels*, décrite plus loin.

Installation des équipements

Le taux de la main-d'œuvre requise pour l'installation des infrastructures connexes et la construction de la chaufferie varie généralement de 25 \$ à 50 \$ l'heure. Il faut prévoir de 500 à 700 heures pour la construction du bâtiment et l'installation de tout l'équipement entrant dans la catégorie « Infrastructures connexes ».

Transport

Les frais de transport de l'équipement pour un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique varient en fonction du poids et de la grosseur des articles à expédier et de la distance à parcourir. Normalement, l'équipement est expédié par camion, sauf quand il n'y a pas d'accès routier, auquel cas il faut utiliser d'autres moyens de transport : chemin de fer, avion, bateau ou chemin d'hiver. Dans certains cas, il peut être nécessaire de recourir à plus d'un moyen de transport. Ainsi, on pourrait transporter l'équipement par camion du point d'expédition jusqu'à des installations de transport ferroviaire puis par train et ensuite par barge ou par avion jusqu'au point de destination. Chaque fois que l'équipement est transbordé, il doit y avoir quelqu'un sur place pour le réceptionner ou pour organiser le transbordement. Il peut être difficile d'estimer les frais de transport vers les régions isolées, et il est conseillé d'essayer d'établir l'itinéraire optimal.

À titre d'exemple, une chaudière d'une puissance de 75 kg pèse environ 770 kg et une chaudière de 400 kW, environ 5 900 kg.

Autres

Ces cellules permettent de regrouper tous les coûts ou les crédits d'une étape du projet qui ne sont pas couverts ailleurs. L'utilisateur peut y entrer une « Quantité » et un « Coût unitaire ». Le « Coût unitaire » doit toujours être un nombre positif. Plutôt que d'affecter un signe positif ou négatif, l'utilisateur doit choisir dans la liste déroulante offerte dans la colonne « Unité » entre « Coût » ou « Crédit ».

L'utilisateur peut entrer un nom pour identifier le coût d'un produit ou d'un service à considérer dans la cellule grise de la première colonne. Il suffit ensuite de sélectionner l'option « Coût »

dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». Ce poste budgétaire sert à tenir compte des différences entre les projets, les technologies ou les régions qui n'ont pas été expressément signalées dans l'information générale fournie.

Dans cette même cellule grise un crédit peut être imputé à un produit ou à un service. L'utilisateur choisit pour cela l'option «Crédit» dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». En effet, un projet peut être crédité des coûts en matériel ou main-d'œuvre qui auraient dû être de toute façon consacrés au projet de référence ou à la source conventionnelle d'énergie. Un crédit apparaîtra comme négatif dans la colonne « Montant ».

Divers

Entrent dans cette catégorie tous les coûts qui n'ont pas été pris en considération dans les sujets précédents. Dans le cas des projets de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, ces coûts peuvent comprendre les frais généraux des entrepreneurs, les coûts de formation et les frais imprévus.

Frais généraux

Habituellement, les entrepreneurs prévoient un supplément à leurs coûts pour couvrir leurs frais généraux et aux coûts des sous-traitants pour couvrir les frais d'administration des contrats. Le taux appliqué varie de 10 à 13 % du coût total du projet. Dans le cas d'un projet de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, une autre façon d'estimer les frais généraux des entrepreneurs consiste à déterminer le temps que prendrait un entrepreneur général ou un gestionnaire de projet pour gérer la construction. Selon l'envergure du projet, on peut prévoir de 36 à 120 heures, à raison de 50 \$ à 100 \$ l'heure. Les frais généraux, indiqués ici, ne s'appliqueront qu'aux coûts directement reliés au projet à biomasse et/ou de récupération thermique. Tous autres frais généraux qui auraient normalement été alloués à un projet conventionnel ne doivent pas être compris dans le montant indiqué à cet endroit.

Formation

La durée de la formation dont ont besoin les opérateurs de centrales automatisées de chauffage à la biomasse varie en fonction de leurs responsabilités et de leurs aptitudes. Il faut compter environ 8 heures pour la formation de base et 30 heures pour la formation spécialisée portant sur tous les aspects de l'exploitation et de l'entretien de la centrale. Les travaux de réparation comprennent le remplacement de pièces électriques, comme des moteurs, des condensateurs, des minuteriers, des contacteurs et des aquastats, et de pièces mécaniques, comme des agitateurs et des vis sans fin. Le taux horaire pour la formation est d'environ 40 \$ à 100 \$.

Frais imprévus

La provision pour les frais imprévus dépend du degré d'exactitude des estimations des coûts. L'estimation des frais imprévus est basée sur un pourcentage, déterminé par l'utilisateur du

modèle, du coût total du projet. Les frais imprévus sont donc proportionnels au coût du projet incluant les crédits.

La provision pour les frais imprévus devrait être basée sur le degré d'exactitude des estimations des coûts du projet au stade de l'analyse de préféabilité. Généralement, une étude de préféabilité comporte une marge d'erreur de 40 à 50 %. Toutefois, le degré d'exactitude dépend du savoir-faire de l'équipe chargée de l'analyse, de l'envergure du projet examiné, de l'énergie consacrée à l'exécution de cette analyse, de la précision et de la fiabilité des données recueillies. Vu la simplicité relative des projets de chauffage à la biomasse, un utilisateur du modèle qui a l'expérience pourrait certainement produire des estimations présentant une marge d'erreur de 5 à 40 % du coût initial du projet.

Frais annuels (crédits)

Divers aspects de l'exploitation d'un système de chauffage à biomasse et/ou de récupération thermique comportent des frais annuels : taxes sur la propriété et primes d'assurance, pièces de rechange, main-d'œuvre affectée à l'exploitation et à l'entretien, frais de voyage, frais d'administration et les frais imprévus. Les coûts annuels comprennent aussi l'approvisionnement en bois, en mazout (servant à la demande de pointe) et en électricité. Ces coûts sont décrits en détail dans les paragraphes qui suivent.

Exploitation et entretien

Taxes foncières et assurances

En général, la mise en place d'un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, exception faite du bâtiment construit, n'entraîne pas de hausse des taxes foncières. Dans certains cas, la municipalité peut même accorder un incitatif fiscal pour la construction d'un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. Les propriétaires de telles installations doivent souscrire une assurance-incendie, une assurance responsabilité civile et une assurance couvrant les frais de réparation en cas d'accident matériel.

Ces assurances coûtent généralement de 500 \$ à 1 500 \$ par année. Le montant des primes varie selon la valeur des installations et selon qu'il faille souscrire pour celles-ci une assurance distincte ou seulement accroître la couverture d'assurances déjà contractées pour d'autres installations. Un courtier d'assurances peut estimer le coût avec plus de précision.

Pièces de rechange

Les coûts annuels d'entretien et de réparation des éléments les plus exposés d'une petite installation commerciale de chauffage à la biomasse s'élèvent à environ 200 \$ à 600 \$ par année par brûleur. Pour les plus grosses installations, les coûts annuels sont de l'ordre de 1 % des coûts des équipements. Les coûts annuels des pièces de rechange peuvent varier en fonction du nombre de brûleurs, de la capacité de la trémie de biocombustible et du type de combustible utilisé. Les grosses trémies sont soumises à une contrainte mécanique plus importante que les petites, et la

sciure de bois et l'écorce contiennent généralement des saletés qui causent une forte usure des vis sans fin. De plus, il peut se former de la glace sur le bois conservé dans un bâtiment non chauffé, ce qui peut endommager le système d'alimentation en biocombustible et donc hausser les coûts d'exploitation et d'entretien.

Main-d'œuvre

Chaque jour, il faut remplir la trémie de combustible et enlever la cendre sur la grille. Toutes les trois ou quatre semaines, il faut vider la chaudière de la cendre légère qui s'y est accumulée. Les systèmes automatisés de chauffage à la biomasse sont résistants et fiables, mais il faut prévoir des coûts de main-d'œuvre annuels pour l'entretien et la réparation des composants, comme les pompes, les moteurs d'entraînement, et les vis sans fin.

Le remplissage de la trémie de combustible, l'enlèvement de la cendre accumulée sur la grille et le nettoyage périodique de la chaudière prennent normalement de 8 à 12 heures par mois (de 96 à 144 heures par année), à raison de 15 \$ à 30 \$ l'heure. Dans beaucoup de cas, ces tâches font partie du travail d'employés qui remplissent d'autres fonctions.

Pour les plus gros systèmes, il faut compter de 1 à 2 heures par jour pour l'entretien général incluant le stockage du biocombustible, le contrôle des équipements et l'enlèvement de la cendre.

Voyages et hébergement

Dans les endroits isolés, il peut être nécessaire de prévoir un montant annuel pour les voyages et l'hébergement du spécialiste chargé annuellement de l'entretien et de l'inspection des systèmes de grande envergure. Cependant, ce coût peut être nul pour un système bien conçu et bien entretenu.

Frais généraux et d'administration

Les frais généraux et administratifs annuels comprennent, entre autres, les sommes consacrées à la tenue des livres comptables, à la préparation des états financiers annuels, aux frais bancaires, aux communications et à la facturation des clients. Ils varient d'un endroit à l'autre et dépendent du statut juridique de l'entreprise. Généralement, ces coûts totalisent au moins 500 \$ à 2 000 \$ par année, et ils peuvent être beaucoup plus élevés dans le cas d'importantes installations desservant de nombreux clients.

Autres

Ces cellules permettent de regrouper tous les coûts ou les crédits d'une étape du projet qui ne sont pas couverts ailleurs. L'utilisateur peut y entrer une « Quantité » et un « Coût unitaire ». Le « Coût unitaire » doit toujours être un nombre positif. Plutôt que d'affecter un signe positif ou négatif, l'utilisateur doit choisir dans la liste déroulante offerte dans la colonne « Unité » entre « Coût » ou « Crédit ».

L'utilisateur peut entrer un nom pour identifier le coût d'un produit ou d'un service à considérer dans la cellule grise de la première colonne. Il suffit ensuite de sélectionner l'option « Coût » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». Ce poste budgétaire sert à tenir compte des différences entre les projets, les technologies ou les régions qui n'ont pas été expressément signalées dans l'information générale fournie.

Dans cette même cellule grise un crédit peut être imputé à un produit ou à un service. L'utilisateur choisit pour cela l'option « Crédit » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». En effet, un projet peut être crédité des coûts en matériel ou main-d'œuvre qui auraient dû être de toute façon consacrés au projet de référence ou à la source conventionnelle d'énergie. Un crédit apparaîtra comme négatif dans la colonne « Montant ».

Frais imprévus

Il faudrait établir une provision pour dépenses annuelles imprévues, dont le montant dépend du degré d'exactitude de l'estimation des coûts d'exploitation et d'entretien. Il est courant d'établir une provision pour frais imprévus au moins pour l'élément de la centrale le plus coûteux pouvant connaître une panne totale. Le calcul est basé sur un pourcentage des autres frais d'exploitation et d'entretien, qui est généralement de 1,25 à 10 %, mais qui pourrait aller jusqu'à 20 %, en particulier dans les régions isolées. En prévision des réparations que peut nécessiter un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, il faut établir un fonds d'au moins 2 000 \$ à 3 000 \$ selon l'importance de l'installation et le type de combustible utilisé.

Combustible/Électricité

Récupération thermique

La feuille de calcul *Modèle énergétique* calcule la quantité d'énergie qui est récupérée et utilisée sur une base annuelle par le système. Cette valeur est reportée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

L'utilisateur entre le coût de l'énergie récupérée en \$/MWh. Un coût doit être imputé si le propriétaire de l'énergie récupérée n'est pas le promoteur du système. Dans les autres cas, aucun coût ou un coût négatif est appliqué.

Biomasse

La quantité annuelle de biocombustible est calculée dans la feuille de calcul *Modèle Énergétique* et est reportée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

Le biocombustible (p. ex. des copeaux ou de la sciure de bois) peut être acheté d'une entreprise indépendante selon un tarif fixé au poids ou au volume. Il se peut par ailleurs que le propriétaire-exploitant de la centrale possède aussi une exploitation forestière pour son approvisionnement en combustible. Toutefois, pour les besoins de l'analyse, le modèle n'assure pas le traitement détaillé du mode d'approvisionnement en biomasse. Au stade de l'analyse de préféabilité, on peut

calculer le coût du biocombustible simplement en fonction d'une gamme de valeurs, exprimées en dollars par tonne (\$/tonne). L'utilisateur peut effectuer une analyse de sensibilité pour différents coûts relatifs à la biomasse. Si le projet de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique est jugé valable au terme de l'analyse de préfaisabilité, on pourra examiner diverses options d'approvisionnement plus en détail au stade de l'étude de faisabilité.

Le prix du biocombustible (copeaux ou sciure de bois) peut atteindre 85 \$ la tonne. Dans certains cas, le propriétaire de la centrale de chauffage à biomasse peut obtenir des déchets de bois gratuitement et ne doit défrayer que les coûts de transport et de manutention. Par exemple, dans la région de Charlottetown, à l'Île-du-Prince-Édouard, le prix de détail des copeaux de bois vendus aux grands consommateurs est d'environ 27 \$ la tonne, mais celui de la sciure de bois est d'environ 15 \$ la tonne [McCallum, 1995]. Toutefois, en région isolée, le prix du biocombustible peut être beaucoup plus élevé (jusqu'à 85 \$ la tonne). L'utilisateur peut juger utile de s'adresser aux services forestiers gouvernementaux ou aux fournisseurs locaux de copeaux de bois pour obtenir de plus amples renseignements sur les prix.

Combustible utilisé en pointe

Le modèle, par la feuille de calcul *Modèle énergétique*, calcule le volume annuel requis du combustible qui sera utilisé en période de pointe (p. ex. mazout). La valeur obtenue est reportée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

On peut s'informer du prix du combustible utilisé en pointe auprès des détaillants locaux. Il incombe généralement au propriétaire d'acheter le combustible pour le chauffage en période de pointe, en supposant qu'il se trouve une chaudière dans la centrale de chauffage à biomasse. Dans certains cas, il se peut que les chaudières de pointe se trouvent chez le client, qui peut alors payer le mazout, par exemple.

Électricité

Il s'agit de la quantité annuelle d'énergie électrique consommée par le système de chauffage à la biomasse, par le système de récupération thermique et par les pompes du réseau urbain de distribution de chaleur.

L'utilisateur du modèle entre la consommation d'électricité approximative (kWh) dans la cellule « Quantité » et le prix de l'électricité (\$/kWh) dans la cellule « Coût unitaire ».

La quantité d'électricité nécessaire au fonctionnement d'un système de chauffage à la biomasse et/ou d'un système de récupération thermique représente environ 1 à 2 % de l'énergie totale fournie par celui-ci en un an. Ce pourcentage est inversement proportionnel à la puissance de la centrale.

Les petits systèmes commerciaux de chauffage à la biomasse consomment de l'électricité pour à faire fonctionner le système d'alimentation en biocombustible, le ventilateur du brûleur et les pompes circulatrices du réseau de distribution de chaleur. Les consommations d'électricité des

petits systèmes commerciaux peuvent varier d'environ 3 000 kWh (petit système de cette catégorie (75 kW)) à 6 000 kWh (plus gros système de cette catégorie (250 kW)).

Pour les plus gros systèmes commerciaux de chauffage à la biomasse, la consommation d'électricité varie selon les manufacturiers. Le tableau peut être consulté à titre de référence.

Puissance (kW)	Charge du réseau (hp)	Charge parasite	
		(hp)	(kW)
1 000	23,5	13,5	10,1
1 500	31,8	19,1	14,2
2 000	45,8	27,4	20,4
2 500	53,3	32,2	24,0
3 000	65,8	39,7	29,6

Consommation d'électricité de systèmes commerciaux/industriels de chauffage à la biomasse

Pour un système d'une puissance de pointe en chauffage de 500 kW et de moins de 500 m de longueur totale de tuyauterie (longueur du réseau de distribution), la consommation d'électricité des pompes du réseau urbain de distribution de chaleur est de l'ordre de 0,5 kW/an. Pour de plus gros réseaux urbains, la consommation des pompes peut être estimée par les formules suivantes :

$$P = M \cdot Q \cdot C / T$$

où,

P = puissance des pompes (kW)

M = longueur totale de la tuyauterie du réseau de distribution de chaleur (m)

Q = puissance de pointe en chauffage (kW)

C = constante $58,7 \cdot 10^{-6}$ (°C/m)

T = différence de température entre l'alimentation et le retour du réseau de distribution de chaleur (°C)

La consommation annuelle des pompes du réseau urbain de distribution de chaleur peut être estimée par la formule suivante :

$$D = P \cdot E$$

où,

D = énergie électrique consommée par le système à la biomasse (kWh)

P = puissance des pompes (kW)

E = nombre équivalent d'heures de fonctionnement à la puissance maximale (h)

Par exemple, pour un système de chauffage à la biomasse d'une puissance de pointe en chauffage de 1 500 kW, avec un réseau de distribution de chaleur de 2 000 m de long et un différentiel de température de 40 °C, la puissance des pompes du réseau de distribution peut être estimée en utilisant la formule précédente.

$$\begin{aligned} P &= 2\,000 \text{ m} * 1\,500 \text{ kW} * 58,7 * 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C/m)/}40 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 4,4 \text{ kW} \end{aligned}$$

Si le nombre équivalent d'heures de fonctionnement à la puissance maximale est de 2 500 heures, la consommation annuelle des pompes du réseau de distribution de chaleur peut être estimée en utilisant la formule précédente.

$$\begin{aligned} D &= 4,4 \text{ kW} * 2\,500 \text{ h} \\ &= 11\,000 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Coûts périodiques (crédits)

Dans cette section, l'utilisateur peut préciser les coûts ou les crédits périodiques qui sont à prévoir au cours de la durée de vie du projet. Dans les cellules grises de la première colonne, on peut entrer un nom pour identifier le coût (ou le crédit) à considérer à intervalles réguliers ou prévisibles. On doit toujours entrer une valeur positive dans la colonne « Coût unitaire ».

Un coût périodique est une dépense nécessaire qu'il faut prévoir à intervalles réguliers ou prévisibles au cours de la durée de vie du projet pour assurer la production d'énergie. Cette dépense est entrée dans la cellule grise de la colonne « Coût unitaire ». Pour préciser qu'il s'agit bien d'une dépense (et non d'un crédit) l'utilisateur doit choisir l'option « Coût » dans la liste déroulante offerte dans la colonne « Unité ». Enfin, dans la troisième colonne, on doit préciser à quel intervalle périodique (en années) cette dépense doit être engagée.

Le projet peut aussi être crédité des coûts qu'il aurait fallu prévoir à intervalles périodiques pour assurer la production d'énergie de manière conventionnelle. Ce crédit est entré comme une valeur positive dans la cellule grise de la colonne « Coût unitaire ». Pour préciser qu'il s'agit bien d'un crédit (et non d'une dépense) l'utilisateur doit choisir l'option « Crédit » dans la liste déroulante offerte dans la colonne « Unité ». Enfin, dans la troisième colonne, on doit préciser à quel intervalle périodique (en années) ce crédit peut être appliqué. Un crédit apparaîtra comme une valeur négative dans la colonne « Montant ».

Valeur résiduelle du projet

L'utilisateur indique la valeur résiduelle du projet. Il s'agit soit d'une valeur réelle du projet à la fin de sa durée de vie, soit d'une dépense à prévoir pour son démantèlement. La valeur indiquée dans la colonne « Coût unitaire » doit toujours être positive. Si le projet a une valeur réelle (négociable) à la fin de sa durée de vie, l'utilisateur choisira l'option « Crédit » dans la liste déroulante de la colonne « Unité » et la valeur résiduelle apparaîtra comme une valeur négative

dans la colonne « Montant ». Cependant, si les coûts de démantèlement excèdent la valeur résiduelle des équipements, la valeur résiduelle devient un coût. L'utilisateur choisira alors l'option « Coût » de la liste déroulante.

Note : Arrivé à cette étape, l'utilisateur peut compléter la feuille de calcul *Analyse des GES*

Autres

Ces cellules permettent de regrouper tous les coûts ou les crédits d'une étape du projet qui ne sont pas couverts ailleurs. L'utilisateur peut y entrer une « Quantité » et un « Coût unitaire ». Le « Coût unitaire » doit toujours être un nombre positif. Plutôt que d'affecter un signe positif ou négatif, l'utilisateur doit choisir dans la liste déroulante offerte dans la colonne « Unité » entre « Coût » ou « Crédit ».

L'utilisateur peut entrer un nom pour identifier le coût d'un produit ou d'un service à considérer dans la cellule grise de la première colonne. Il suffit ensuite de sélectionner l'option « Coût » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». Ce poste budgétaire sert à tenir compte des différences entre les projets, les technologies ou les régions qui n'ont pas été expressément signalées dans l'information générale fournie.

Dans cette même cellule grise un crédit peut être imputé à un produit ou à un service. L'utilisateur choisit pour cela l'option « Crédit » dans la liste déroulante de la colonne « Unité ». En effet, un projet peut être crédité des coûts en matériel ou main-d'œuvre qui auraient dû être de toute façon consacrés au projet de référence ou à la source conventionnelle d'énergie. Un crédit apparaîtra comme négatif dans la colonne « Montant ».

Sommaire financier

Dans le logiciel RETScreen d'analyse de projets sur les énergies propres, chaque projet évalué dispose d'une feuille de calcul *Sommaire financier*. Cette feuille commune se divise en six sections : **Bilan énergétique annuel**, **Paramètres financiers**, **Coûts du projet et économies générées**, **Analyse financière**, **Flux monétaires annuels** et **Graphique des flux monétaires cumulatifs**. Les rubriques « Bilan énergétique annuel » et « Coûts du projet et économies générées » fournissent un résumé des feuilles de calcul *Modèle énergétique*, *Analyse des coûts* et *Analyse des GES* de chaque projet examiné. En plus de ce résumé d'information, la rubrique « Analyse financière » donne des indicateurs financiers du projet. Ces indicateurs sont établis à partir des données entrées par l'utilisateur sous la rubrique « Paramètres financier ». La rubrique « Flux monétaires annuel » permet à l'utilisateur de connaître les flux monétaires nets (avant impôt et après impôt) et le flux cumulatif liés au projet durant la totalité de la durée de vie de ce dernier. La feuille de calcul *Sommaire financier* de chaque projet a été élaborée selon un schéma commun, de manière à simplifier la tâche de l'utilisateur dans l'analyse de la viabilité des projets. Il en résulte que les descriptions des paramètres sont les mêmes pour la plupart des postes de la feuille de calcul.

Pour les décideurs, l'un des principaux avantages du logiciel RETScreen est qu'il simplifie le processus d'évaluation des projets. Grâce à ses données d'entrée de paramètres financiers (taux d'actualisation, ratio d'endettement, etc.) et aux données résultant de l'analyse financière (taux de rendement interne (TRI), retour simple, valeur actualisée nette (VAN), etc.), la feuille de calcul *Sommaire financier* offre aux décideurs les divers paramètres financiers utiles à leur analyse. Les différentes rubriques, avec des commentaires sur leur importance dans l'analyse préliminaire de faisabilité, sont décrites ci-dessous.

Bilan énergétique annuel

Les rubriques du Bilan énergétique annuel sont calculées ou entrées dans la feuille de calcul *Modèle énergétique* et *Analyse des GES*, ces données sont automatiquement copiées dans la feuille *Sommaire financier*.

Nom du projet

Le nom du projet est donné à titre de référence seulement, tel qu'entré par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Lieu du projet

Le lieu du projet est donné à titre de référence seulement, tel qu'entré par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*, cette information est automatiquement copiée dans la feuille *Sommaire financier*.

Énergie renouvelable fournie

Le *Modèle énergétique* calcule l'énergie de renouvelable fournie (en MWh) par le projet. Celle-ci est la somme de l'énergie de récupération thermique fournie et de l'énergie de chauffage à la biomasse fournie.

Énergie de chauffage fournie

La feuille de calcul *Modèle énergétique* calcule l'énergie de chauffage fournie (en MWh). Cette énergie se substitue à l'énergie qui aurait été fournie par le système de chauffage de référence. Le paramètre « Énergie de chauffage fournie » est utilisé avec la moyenne pondérée du paramètre « Coût évité en énergie de chauffage » pour calculer les économies en énergie de chauffage.

Énergie de chauffage évitée

L'énergie de chauffage évitée est le type de source d'énergie dont on évite ou réduit la consommation lorsque l'on réalise et exploite le projet. Les sources d'énergie de chauffage sont sélectionnées pour chaque groupe de bâtiments dans la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau*.

Électricité requise

L'électricité requise est la somme de l'électricité entrée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts* et de l'électricité utilisée par le système de chauffage de pointe, si de l'électricité a effectivement été sélectionnée dans la feuille de calcul *Modèle énergétique* comme type de combustible du système de pointe.

Réduction nette d'émissions de GES

Le modèle calcule la réduction annuelle moyenne nette des émissions de gaz à effet de serre (GES). Cette valeur est exprimée en tonnes équivalentes de CO₂ par année (t_{CO2}/an). Cette réduction découle de l'utilisation du système proposé plutôt que du système conventionnel, ou de référence, de production d'énergie de chauffage. Cette donnée est calculée dans la feuille de calcul *Analyse des GES*, et est automatiquement copiée dans la feuille de calcul *Sommaire financier*.

Réduction nette d'émissions de GES - durée du crédit

Le modèle calcule la réduction cumulative nette des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour toute la durée du crédit. Cette valeur est exprimée en tonnes équivalentes de CO₂ (t_{CO2}). Cette réduction découle de l'utilisation de la centrale proposée plutôt que du système conventionnel, ou de référence, de production d'énergie de chauffage. Cette valeur est obtenue en multipliant la réduction annuelle nette d'émissions de GES par la durée du crédit pour réduction de GES.

Réduction nette d'émissions de GES - durée de vie du projet

Le modèle calcule la réduction nette des émissions de gaz à effet de serre (GES) pendant toute la durée de vie du projet. Cette valeur est exprimée en tonnes équivalentes de CO₂ (t_{CO2}). Cette réduction découle de l'utilisation du système proposé plutôt que du système conventionnel, ou de référence, de production d'énergie de chauffage. Cette valeur est obtenue en multipliant la réduction annuelle nette d'émissions de GES par la durée de vie du projet.

Paramètres financiers

Ces paramètres permettent d'effectuer les calculs de la feuille de calcul *Sommaire financier*. Les valeurs attribuées à chaque paramètre dépendront du point de vue de l'utilisateur. Ainsi, un propriétaire de bâtiment utilisera probablement d'autres valeurs que celles utilisées par une entreprise de services éco-énergétiques (ESCO).

Coût évité en énergie de chauffage

Le modèle calcule la moyenne pondérée du coût évité de l'énergie de chauffage à partir des valeurs de chaque groupe de bâtiments entrées dans la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau*.

Ce coût est utilisé pour calculer les économies d'énergie de chauffage à partir de la quantité d'énergie de chauffage fournie. Dans le modèle, le taux d'indexation de l'énergie s'applique à ce coût dans le calcul du coût global du projet, de l'an 1 jusqu'à la fin de la vie du projet.

Crédit pour réduction d'émissions de GES

L'utilisateur indique, par tonne de CO₂ (t_{CO2}), le crédit accordé pour réduction d'émissions de GES. Cette valeur permet, avec la réduction annuelle nette d'émissions de GES, de calculer le revenu annuel dû au crédit pour réduction d'émissions de GES.

Aux USA, on prévoit que ces crédits pourraient s'élever au cours des prochaines années à des valeurs de l'ordre de 5 \$US à 8 \$US par tonne de CO₂ [Sandor, 1999]. Mais les prédictions varient autant que de 4 \$US à 95 \$US par tonne de CO₂. Jusqu'en 2003, le prix de la tonne de CO₂ sur le marché global était typiquement entre 3 \$US à 5 \$US.

La valeur indiquée représente le taux perçu pour l'an 0, c'est-à-dire pour l'année qui précède la mise en service du projet (an 1). Le crédit pour réduction d'émissions de GES est indexé selon le taux d'indexation du crédit pour réduction d'émissions de GES. Le montant annuel des sommes perçues par ce crédit est comptabilisé à partir de l'an 1 et pour la durée du crédit pour réduction d'émissions de GES.

Durée du crédit pour réduction de GES

L'utilisateur indique, en années, la durée pendant laquelle le projet bénéficiera du crédit pour réduction d'émissions de GES.

Cette valeur permet de calculer le revenu annuel dû aux crédits pour réduction d'émissions de GES.

Taux d'indexation du crédit pour GES

L'utilisateur entre, en %, une estimation du taux moyen annuel d'indexation du crédit pour réduction d'émissions de GES pour la durée du crédit pour réduction d'émissions de GES. Cette donnée permet à l'utilisateur d'appliquer, pour les prochaines années, une augmentation de la valeur du crédit pour réduction d'émissions de GES, différente du taux global d'inflation.

Prix de détail de l'électricité

Cette valeur est automatiquement transférée de la feuille de calcul *Analyse des coûts*. Elle permet de calculer les coûts annuels en électricité ou en combustible à partir de l'électricité nécessaire au fonctionnement du système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique.

Cette valeur est considérée pour l'an 0 de développement du projet avant le début de son exploitation (an 1). Dans le modèle, le taux d'indexation de l'énergie s'applique à ce prix dans le calcul du coût global du projet, de l'an 1 jusqu'à la fin de la vie du projet.

Taux d'indexation de l'énergie

L'utilisateur entre, en %, le taux d'indexation du coût de l'énergie, qui est la prévision du taux annuel moyen d'augmentation du coût évité de l'énergie pendant la durée de vie du projet. Il peut ainsi appliquer aux coûts des combustibles un taux d'indexation différent du taux moyen général d'inflation. Par exemple, les compagnies d'électricité nord-américaines utilisent actuellement des taux d'indexation de l'énergie variant entre 0 et 5 %, la plage de 2 à 3 % étant la plus fréquemment retenue.

Taux d'inflation

L'utilisateur entre, en %, le taux d'inflation, qui est le taux d'inflation annuel moyen prévu sur la durée de vie du projet. Par exemple, on prévoit actuellement que l'inflation générale sur les 25 prochaines années devrait, en Amérique du Nord, se situer entre 2 et 3 %.

Taux d'actualisation

L'utilisateur entre, en %, le taux d'actualisation, qui est le taux utilisé pour actualiser les flux monétaires futurs, afin d'obtenir leur valeur actualisée. Le taux généralement considéré comme le plus approprié est le coût moyen des différentes sources de financement de l'entreprise. Pour une

organisation, le coût en capital n'est pas seulement le taux d'intérêt exigé pour la dette à long terme. En fait, la notion de taux d'actualisation ou coût du capital est assez vaste, et fait intervenir un mélange des coûts de toutes les sources de fonds d'investissement, dette et capitaux propres investis. Le coût du capital est aussi appelé « taux de rendement minimal », « taux limite de rentabilité » et « taux de rendement requis ». Le modèle utilise le taux d'actualisation pour calculer les économies annuelles sur la durée de vie du projet. Par exemple, les compagnies d'électricité nord-américaines utilisent actuellement des taux d'actualisation variant de 3 à 18 %, la plage de 6 à 11 % étant la plus fréquemment retenue.

Durée de vie du projet

L'utilisateur entre la durée de vie du projet en années, soit la période sur laquelle on évalue sa faisabilité financière. Selon les circonstances, ce peut être la durée de vie prévue des équipements énergétiques, la durée de l'emprunt ou la durée du contrat d'achat d'énergie ou de service énergétique. Le modèle peut prendre en compte des durées de vie allant jusqu'à 50 ans. Cependant, la durée de vie d'un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique bien conçu sera généralement entre 20 et 30 ans.

Ratio d'endettement

L'utilisateur entre, en %, le ratio d'endettement, qui est le rapport entre la dette et la somme de la dette et des capitaux propres investis dans le projet. Ce ratio reflète l'effet de levier financier créé pour le projet ; plus le ratio d'endettement est élevé, plus important est le levier financier. Le modèle utilise le ratio d'endettement pour calculer les capitaux propres investis pour financer le projet. Par exemple, les ratios d'endettement types se situent généralement entre 0 et 90 %, la plage de 50 à 90 % étant la plus fréquente. Dans le cas d'un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique intégré au bâtiment dont les coûts font partie de ceux du bâtiment, financé par une hypothèque, le ratio typique d'endettement se situera entre 50 et 75 %.

Taux d'intérêt sur la dette

L'utilisateur entre le taux d'intérêt (%) sur la dette, qui est le taux d'intérêt annuel payé au créancier, à la fin de chaque année du terme de la dette. Le modèle utilise ce taux pour calculer les paiements de la dette. Par exemple, au minimum, le taux d'intérêt sur la dette correspondra au rendement des obligations d'état ayant le même terme que la dette. Le supplément normalement ajouté à ce taux reflète le risque que l'on attribue au projet.

Durée de l'emprunt

L'utilisateur entre, en années, la durée de l'emprunt, soit le nombre d'années au bout desquelles la dette est remboursée. Ce terme est égal, ou inférieur, à la durée de vie du projet. En général, plus il est long, meilleure est la viabilité financière du projet d'exploitation d'énergie. Le modèle utilise ce terme pour calculer les paiements de la dette et les flux monétaires annuels. La durée de l'emprunt est généralement comprise entre 1 et 25 ans ; elle ne devrait pas dépasser la durée de vie estimée du projet.

Analyse d'impôt sur le revenu ?

Grâce à la liste déroulante proposée dans cette cellule, l'utilisateur sélectionne si l'impôt sur les revenus de l'entreprise doit être pris en compte dans l'analyse financière. En choisissant « Oui », certaines nouvelles cellules apparaîtront de manière à adapter l'analyse financière à différents contextes. Dans certains cas, la rentabilité financière d'un projet donne de meilleurs cas de figures dans une analyse après impôt que dans une analyse avant impôt. Dans le cas de systèmes de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique intégrés à des bâtiments résidentiels et achetés par leur propriétaire, l'utilisateur choisira l'option « Non » car on peut considérer que tout le financement est assuré par des revenus après impôt.

L'analyse incluant l'impôt sur les revenus permet de calculer les flux monétaires et les indicateurs financiers après impôt. Dans tous les cas, le modèle ne considère qu'un seul taux d'imposition, constant tout au long de la durée de vie du projet. Ce taux s'applique aux revenus nets (ou bénéfiques) générés par le projet. Le calcul des impôts sur les bénéfiques tient compte des investissements et des frais annuels nets, c'est-à-dire que les crédits dans la feuille de calcul *Analyse des coûts* ne sont pas traités séparément. On obtient ainsi une analyse fiscale assez précise à moins que les crédits appliqués aux coûts d'investissement ou annuels ne soient du même ordre de grandeur que ce sur quoi ils s'appliquent et qu'ils soient, aux fins de l'amortissement fiscal, dans des catégories de biens différentes.

Taux d'imposition sur le revenu

L'utilisateur entre, en %, le taux d'imposition qui s'applique aux revenus nets (bénéfiques) des sociétés. Il s'agit du taux global qui s'applique aux revenus nets du projet. Par taux global, on entend la somme de tous les impôts qui s'appliquent aux bénéfiques des sociétés dans une juridiction donnée (p. ex. fédéral, provincial et local). Le bénéfice est le bilan annuel des revenus et dépenses du projet comptabilisés à la fin de l'année où ils ont lieu.

Dans tous les cas, le modèle ne considère qu'un seul taux d'imposition, constant tout au long de la durée de vie du projet. Sous cette rubrique on ne parle que de l'impôt sur le revenu net des sociétés. Ainsi, la taxe de vente qui peut s'être appliquée aux investissements initiaux doit être comptabilisée dans les « Coûts d'investissement » et la taxe foncière doit être prise en compte dans les « Frais annuels ».

Report des pertes ?

Grâce à la liste déroulante de la cellule, l'utilisateur indique si les pertes (un revenu imposable négatif) peuvent être reportées d'une année à l'autre. Le principe est que les pertes peuvent être utilisées pour réduire les impôts de l'année courante ou elles peuvent être reportées à une année ultérieure et donc contribuer à réduire les impôts à payer lorsque des bénéfiques seront dégagés.

En choisissant « Oui », l'utilisateur autorise le report des pertes qui se déduisent donc, jusqu'au total de leur valeur cumulée, des revenus imposables des années suivantes, ce qui réduit en conséquence les impôts à payer. En choisissant « Non », les pertes ne sont pas reportées et sont

perdues, n'étant jamais utilisées pour réduire le revenu imposable d'une autre année. En choisissant « Transfert accreditif », les pertes ne sont pas reportées et s'appliquent uniquement aux revenus de la même année, sauf qu'elles serviront à réduire les bénéfices imposables provenant de sources autres que le projet (ou elles peuvent être admissibles à des crédits d'impôt remboursables). Ainsi, c'est véritablement l'impôt à payer pour l'année où les pertes sont encourues qui s'en trouve réduit.

Ce sont les lois fiscales en vigueur au lieu du projet qui déterminent si des pertes peuvent être reportées d'une année à l'autre. Le choix de ne pas reporter les pertes, mais plutôt d'utiliser un transfert accreditif est généralement le plus avantageux pour l'investisseur et peut contribuer à rendre un projet rentable même si l'analyse avant impôt indiquait le contraire.

Le modèle ne permet pas le report des pertes sur les profits d'années antérieures. Le modèle ne prévoit pas non plus de limite au nombre d'années pendant lesquelles des pertes peuvent être reportées.

Méthode d'amortissement

La liste déroulante propose trois méthodes différentes d'amortissement des coûts d'investissement : « Aucune », « Dégressive » et « Linéaire ». Selon l'option choisie, le modèle calcule différemment les impôts à payer et les indicateurs financiers calculés après impôt. Le choix de la méthode d'amortissement est déterminé par les lois fiscales en vigueur au lieu de réalisation du projet. À la fin de la durée du projet, la différence entre la « Valeur résiduelle du projet » et le capital initial non amorti, sera considérée comme un revenu, si elle est positive, et comme une perte, si elle est négative.

Avec l'option « Aucune », le modèle considère que le projet est entièrement capitalisé dès le début, qu'il ne bénéficie d'aucun amortissement, et que, par conséquent, il conserve entièrement sa valeur initiale non amortie tout au long de sa durée de vie.

Avec l'option « Dégressive », le modèle considère que les coûts capitalisés du projet, tels que définis à partir de l'allocation du coût en capital, sont dépréciés au taux d'amortissement. La portion de l'investissement qui n'est pas capitalisée est considérée comme une dépense durant l'année 0 de réalisation du projet.

Avec l'option « Linéaire », le modèle considère que les coûts capitalisés du projet, tels que définis à partir de l'allocation du coût en capital, sont dépréciés à un taux d'amortissement constant pendant toute la période d'amortissement. La portion de l'investissement qui n'est pas capitalisée est considérée comme une dépense durant l'année 0 de réalisation du projet.

Dans les deux formules d'amortissement, dégressive ou linéaire, le modèle considère que l'on bénéficie chaque année de la totalité du montant autorisé pour amortissement du capital. Le modèle ne prend pas non plus en compte la règle de calcul fiscal de la demi-année, telle qu'elle est pratiquée dans certains pays et qui ne permet d'amortir le capital que sur la moitié de sa valeur lors de la première année d'exploitation des immobilisations.

Allocation du coût en capital

L'utilisateur indique, en %, l'allocation du coût en capital. Cette valeur indique quelle portion ces coûts d'investissement peut être capitalisée et donc être sujette à amortissement au sens fiscal. La portion de l'investissement qui n'est pas capitalisée est considérée comme une dépense durant l'année 0 de réalisation du projet.

Prenons le cas d'un projet dont le développement et l'étude de faisabilité coûtent 20 000 \$ alors que la conception (ingénierie) et la réalisation s'élèvent à 80 000 \$. On peut prendre 80 % comme allocation en capital de manière à amortir les immobilisations (conception, équipements énergétiques et connexes, divers). Les frais de développement et d'étude de faisabilité sont considérés comme des dépenses encourues durant l'an 0.

Taux d'amortissement

L'utilisateur indique, en %, le taux d'amortissement. Ce taux est celui auquel le capital non encore amorti du projet, est amorti chaque année. Le taux d'amortissement peut varier considérablement selon la catégorie de biens en jeu et les lois fiscales qui s'appliquent au lieu du projet.

Période d'amortissement

L'utilisateur indique, en années, la période d'amortissement. Il s'agit du nombre d'années pendant lesquelles les coûts d'investissement capitalisés du projet sont dépréciés à taux constant. La période d'amortissement peut varier considérablement selon la catégorie de biens en jeu et les lois fiscales qui s'appliquent au lieu du projet.

Congé fiscal disponible ?

La liste déroulante permet de choisir si le projet bénéficiera d'un congé fiscal, c'est-à-dire d'une exonération totale d'impôts. L'option « Oui » indique que le congé fiscal s'applique dès l'an 1 d'exploitation du projet et pour toute la durée du congé fiscal. Le calcul des impôts sur le revenu pendant l'an 0 de développement et de réalisation du projet n'est pas affecté.

Durée du congé fiscal

L'utilisateur indique, en années, la durée du congé fiscal. Il s'agit du nombre d'années pendant lesquelles le projet bénéficie du congé fiscal, à partir de l'an 1 inclus. Ainsi, en Inde, certains projets d'exploitation des énergies renouvelables du congé fiscal pendant 5 ans.

Coûts du projet et économies générées

La plupart des valeurs de ces rubriques sont calculées ou entrées dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*, et transférées à la feuille *Sommaire financier*. Certains calculs sont effectués dans la feuille de calcul *Sommaire financier*.

Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement représentent l'investissement total à consentir pour mettre en service le système d'exploitation d'énergie, avant qu'il ne commence à générer des économies (ou des revenus). C'est la somme des coûts estimés imputables à l'étude de faisabilité, au développement, aux travaux d'ingénierie, aux équipements énergétiques, aux infrastructures connexes et aux frais divers. C'est une donnée entrée pour les calculs du retour simple, de la valeur actualisée nette, des capitaux propres investis et de la dette du projet.

Il est important de noter que les plages de coûts possibles indiquées dans RETScreen **n'incluent pas les taxes de vente**. Dans certains cas, les coûts liés aux projets d'exploitation d'énergie propre ne sont pas assujettis aux taxes de vente. L'utilisateur doit établir ce qu'il en est dans sa région au moment de préparer son évaluation. Par exemple, si, dans une région donnée, le coût d'un projet est assujetti à la taxe de vente, l'utilisateur doit ajouter le montant de cette taxe au coût du projet, tiré des valeurs fournies.

Étude de faisabilité

Le poste étude de faisabilité représente la somme des coûts engagés pour évaluer la faisabilité d'un projet. Ce montant est net de tout crédit, c'est-à-dire qu'il est déjà réduit de tous les coûts qu'il aurait fallu engager si on avait réalisé un projet conventionnel plutôt que le projet d'énergie propre.

De nombreux détails dans les feuilles de calcul *Analyse des coûts* sur la façon d'évaluer les coûts des études de faisabilité. En effet, cela aide le promoteur du projet à mieux estimer les coûts du prochain investissement requis, soit celui dans l'étude de faisabilité. Il est possible que l'analyse RETScreen suffise comme analyse de faisabilité, surtout dans le cas de projets de faible envergure, et que l'on puisse passer directement à la phase d'ingénierie ou même directement à la réalisation du projet.

Note : Le logiciel RETScreen d'analyse de projets d'énergies sur les énergies propres peut être utilisé pour réaliser des études de faisabilité.

Développement

Le poste développement représente typiquement la somme des coûts engagés pour passer au stade de la conception détaillée et de la construction, une fois la faisabilité du projet établie. Ce montant est net de tout crédit, c'est-à-dire qu'il est déjà réduit de tous les coûts qu'il aurait fallu engager si on avait réalisé un projet conventionnel plutôt que le projet d'énergie propre.

Ingénierie

Le poste ingénierie représente typiquement la somme des coûts engagés pour passer du stade du développement à celui de la construction. On y inclut les coûts de surveillance des travaux. Ce montant est net de tout crédit, c'est-à-dire qu'il est déjà réduit de tous les coûts qu'il aurait fallu engager si on avait réalisé un projet conventionnel plutôt que le projet d'énergie propre.

Équipements énergétiques

Le poste équipements énergétiques représente typiquement la somme des coûts engagés pour l'achat et l'installation du matériel de production d'énergie moins les «crédit» qui pourraient être alloués en raison du fait qu'il ne sera pas nécessaire d'acheter ou d'installer l'équipement de référence.

Infrastructures connexes

Le poste infrastructures connexes représente la somme des coûts engagés pour l'achat, la construction et l'installation de tous les éléments du système d'exploitation d'énergie, qui ne sont pas considérés comme des équipements de production d'énergie. Les « crédit » qui pourraient être alloués en raison du fait qu'il ne sera pas nécessaire d'acheter ou d'installer l'équipement de référence doivent également être déduits de la somme.

Divers

Le poste « Divers » inclut tous les coûts qui ne sont pas pris en compte dans les autres catégories, et qui sont nécessaires à la mise en service opérationnel d'un projet.

Encouragements/subventions

L'utilisateur peut indiquer tout montant versé à titre d'encouragements ou de subventions à l'adoption d'un projet énergétique. Ce montant s'applique aux coûts d'investissement (excluant les crédits). Il sera considéré comme une subvention non remboursable et il sera traité comme un revenu de l'an 0 (phase de développement et d'implantation) dans le calcul de l'impôt sur les bénéfices.

Par exemple, au Canada, le Programme d'encouragement aux systèmes d'énergies renouvelables (PENSER) peut contribuer à 25 % des coûts de certains systèmes d'énergies renouvelables assurant des besoins de chauffage ou de réfrigération. Cette contribution atteint 40 % dans le cas d'installations en régions éloignées. Pour plus d'information consulter le site Web du programme [PENSER/REDI](#) ou appeler le 1-877-722-6600.

Frais annuels et dette

Il s'agit des déboursements totaux annuels du projet. Cette valeur calculée par le modèle, représente les frais annuels engagés pour exploiter, entretenir et financer le projet. C'est la somme des frais d'exploitation et d'entretien, des frais de combustible ou d'électricité et des paiements de la dette. Il est à noter que les déboursements annuels totaux incluent le remboursement de la partie « principale » de la dette, qui n'est pas, à strictement parler, un frais, mais une sortie de fonds. Ils sont décrits rapidement ci-après.

Exploitation et entretien

Les frais d'exploitation et entretien sont la somme des frais annuels qui doivent être engagés pour exploiter et entretenir le système d'énergie, en sus de ceux qu'exigerait le système de référence. Le modèle utilise les frais d'exploitation et d'entretien pour calculer le total annuel des frais et les flux monétaires annuels.

Combustible/électricité

Le coût annuel de la consommation d'électricité nécessaire pour faire fonctionner le système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique est transféré de la feuille de calcul *Analyse des coûts*.

Paiements de la dette - durée de l'emprunt

Le modèle calcule les montants annuels à verser pour le remboursement du capital emprunté. Ces montants sont considérés comme constants pendant toute la durée de l'emprunt, cependant la partie de ce montant destinée au remboursement du capital (principal) augmente au cours du temps, alors que la partie consacrée aux intérêts diminue. Ils peuvent se comparer aux paiements d'un versement hypothécaire constant pendant toute la durée de l'emprunt. Les paiements de la dette sont calculés à partir du taux d'intérêt sur la dette, de la durée de l'emprunt et de la dette du projet.

Économies ou revenus annuels

On entend par total des économies annuelles les économies que l'on peut réaliser chaque année grâce à la mise en place du projet d'exploitation d'énergie. Du point de vue d'une entreprise de services éco-énergétiques, ces économies peuvent être considérées comme des revenus. Elles sont directement liées aux « coûts évités en énergie de chauffage ». Elles constituent une donnée d'entrée pour le calcul du retour simple et du recouvrement de la dette.

Énergie de chauffage

Le modèle calcule les économies d'énergie en chauffage, c'est-à-dire l'énergie qu'il aurait fallu acheter pour faire fonctionner le système de chauffage de référence. Les économies d'énergie de

chauffage sont égales à l'énergie renouvelable fournie, multipliée par le coût évité en énergie. Les économies annuelles d'énergie en chauffage sont indexées au taux d'indexation de l'énergie.

Crédit pour réduction de GES - durée du crédit

Le modèle calcule les revenus annuels du crédit pour réduction d'émissions de GES. Il s'agit des revenus (ou économies) générés par la vente ou l'échange de crédits pour réduction d'émissions de GES pendant la durée du crédit pour réduction d'émissions de GES. Cette valeur est calculée à partir de la réduction nette d'émissions de GES et du crédit pour réduction d'émissions de GES. Elle est indexée selon le taux d'indexation du crédit pour réduction d'émissions de GES.

Coûts périodiques (crédits)

Les coûts et les crédits périodiques sont entrés dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*, ces données sont automatiquement copiées dans la feuille de calcul *Sommaire financier*.

Le modèle applique aux coûts ou crédits périodiques un taux d'indexation égal au taux d'inflation, pour chaque année écoulée à partir de l'an 1 du projet et pour toute sa durée de vie. Du point de vue des impôts sur les revenus, les coûts ou crédits périodiques ne sont pas considérés comme des dépenses en capital, mais plutôt comme des frais d'exploitation et d'entretien, entièrement dépensés pendant l'année où ils ont lieu.

Valeur résiduelle - Coût/Crédit

La valeur résiduelle du projet qui a été indiquée dans la feuille de calcul *Analyse des coûts* est automatiquement transférée dans cette cellule. Il s'agit soit d'une valeur réelle du projet à la fin de sa durée de vie, soit d'une dépense à prévoir pour son démantèlement.

La valeur entrée est présumée représentative de l'an 0, l'année de développement et de construction précédent la première année d'exploitation (an 1). Le modèle applique à la valeur résiduelle le taux d'inflation de l'an 1 jusqu'à la fin de vie du projet qui a été indiquée dans le modèle.

D'un point de vue fiscal, la différence entre la valeur résiduelle du projet et les coûts d'investissement non encore amortis à la fin du projet, est traitée comme un revenu si elle est positive, et comme une perte si elle est négative.

Analyse financière

Les résultats donnent au décideur divers indicateurs sur la viabilité financière du projet considéré.

Taux de rendement interne et retour sur investissement avant impôt

Le modèle calcule, en %, le taux de rendement interne (TRI) avant impôt, qui représente le rendement réel du projet pendant sa durée de vie avant impôt. On parle aussi à ce sujet de « rendement du capital propre investi » ou de « taux de rentabilité interne ». Ce taux est calculé en trouvant le taux d'actualisation qui ramène à 0 la valeur nette actualisée du projet. Il n'est donc pas nécessaire de choisir un taux d'actualisation d'une entreprise pour évaluer le taux de rendement interne. Les entreprises intéressées par un projet peuvent comparer le taux de rendement interne de celui-ci avec le taux requis (souvent, le coût du capital). Le TRI est calculé en tenant compte de l'inflation.

Si le taux de rendement interne du projet est égal ou supérieur au taux de rendement requis de l'entreprise, le projet peut être jugé financièrement acceptable, à risque équivalent. S'il est inférieur, le projet est habituellement rejeté. Une entreprise peut avoir différents taux de rendement souhaités, qui varient selon le risque attribué aux projets. L'avantage le plus évident qu'il y a à utiliser l'indicateur de taux de rendement interne pour évaluer un projet est que son issue ne dépend pas d'un taux d'actualisation particulier à une organisation donnée. Au contraire, le taux de rendement interne obtenu est propre au projet et vaut pour tous ceux qui investissent dans ce projet. Le modèle utilise les flux monétaires annuels avant impôt et la durée de vie du projet pour calculer le taux de rendement interne.

Taux de rendement interne et retour sur investissement après impôt

Le modèle calcule, en %, le taux de rendement interne (TRI) après impôt, qui représente le rendement réel du projet pendant sa durée de vie après impôt. On parle aussi à ce sujet de « rendement du capital propre investi » ou de « taux de rentabilité interne ». Ce taux est calculé en trouvant le taux d'actualisation qui ramène à 0 la valeur nette actualisée du projet. Il n'est donc pas nécessaire de choisir un taux d'actualisation d'une entreprise pour évaluer le taux de rendement interne. Les entreprises intéressées par un projet peuvent comparer le taux de rendement interne de celui-ci avec le taux requis (souvent, le coût du capital). Le TRI est calculé en tenant compte de l'inflation.

Si le taux de rendement interne du projet est égal ou supérieur au taux de rendement requis de l'entreprise, le projet peut être jugé financièrement acceptable, à risque équivalent. S'il est inférieur, le projet est habituellement rejeté. Une entreprise peut avoir différents taux de rendement souhaités, qui varient selon le risque attribué aux projets. L'avantage le plus évident qu'il y a à utiliser l'indicateur de taux de rendement interne pour évaluer un projet est que son issue ne dépend pas d'un taux d'actualisation particulier à une organisation donnée. Au contraire, le taux de rendement interne obtenu est propre au projet et vaut pour tous ceux qui investissent dans ce projet. Le modèle utilise les flux monétaires annuels après impôt et la durée de vie du projet pour calculer le taux de rendement interne.

Retour simple

Le modèle calcule le retour simple, soit le temps, en années, qu'il faut pour récupérer le coût initial du projet d'investissement grâce aux recettes qu'il génère. L'hypothèse de base de la méthode de la période de retour est la suivante : plus vite on peut récupérer le coût de l'investissement, plus celui-ci est souhaitable. Par exemple, dans le cas de la mise en place d'un projet de chauffage à la biomasse, une période de remboursement négative indiquerait que les coûts annuels engagés sont plus élevés que les économies annuelles réalisées.

La méthode du retour simple ne permet pas de déterminer si un projet est plus rentable qu'un autre. C'est plutôt une mesure de temps, dans le sens qu'elle indique combien d'années de plus demandera le remboursement d'un projet, par rapport à un autre. **Le retour simple ne devrait pas être utilisé comme indicateur primaire pour l'évaluation d'un projet**, bien qu'il ait son utilité comme indicateur du degré de risque d'un investissement. De plus, la méthode du retour simple a le désavantage de ne pas tenir compte de la valeur temporelle de l'argent, ni de l'inflation.

D'un autre côté, la période de retour est souvent importante pour les petites entreprises qui ne disposent pas de beaucoup de liquidités. Dans ce cas, on pourra préférer un projet à courte période de retour, mais de faible taux de rendement, à un projet à taux de rendement plus élevé, mais demandant une période de retour plus longue. En effet, l'entreprise peut simplement désirer un retour plus rapide de son investissement en capital. Le modèle utilise les coûts totaux d'investissement, le total des frais annuels (excluant les paiements de la dette) et les économies annuelles totales pour calculer le retour simple. Ce calcul est basé sur des montants avant impôt et comprend d'éventuelles mesures d'encouragements ou de subventions.

Année de flux monétaire nul

Le modèle calcule le nombre d'années qui s'écouleront avant que le flux monétaire cumulé soit nul, soit le temps qu'il faudra au propriétaire du projet pour récupérer son investissement initial à même les recettes générées par le projet. L'année de flux monétaire nul est calculée en utilisant les flux monétaires à partir de l'an 1. Elle prend donc en compte l'effet de levier financier créé par le montant emprunté, ce qui donne un meilleur indicateur des avantages du projet que le retour simple. Le modèle utilise le numéro de l'année et le flux monétaire cumulé après impôt pour calculer cette valeur.

L'année de flux monétaire nul est différente de la période de retour sur l'investissement actualisé car elle considère les valeurs nominales des flux monétaires futurs et non leur valeur actualisée.

Valeur actualisée nette (VAN)

Le modèle calcule la valeur actualisée nette (VAN) du projet, qui est la valeur de tous les flux monétaires futurs, actualisés selon le taux d'actualisation, en dollars courants. La VAN est donc calculée au temps 0 correspondant à la jonction entre la fin de l'an 0 et le début de l'an 1. Il s'agit de la différence entre la valeur actualisée des entrées et des sorties de fonds associées au projet.

Une VAN positive est une indication que le projet est financièrement viable. En utilisant la méthode de la valeur actualisée nette, il faut choisir le taux d'actualisation qui permettra de convertir des flux monétaires en leurs valeurs présentes. Dans la pratique, les entreprises et organismes consacrent beaucoup de temps et d'études à ce choix. Le modèle calcule la VAN à partir des flux monétaires indiqués dans la colonne « après impôt », cumulés. Il est à noter que si l'utilisateur choisit de ne pas tenir compte des impôts, les valeurs des flux après impôt sont égales à celles avant impôt.

Économies annuelles sur la durée de vie

Le modèle calcule les économies annuelles sur le cycle de vie (économies globales annuelles), soit la valeur équivalente d'économies annuelles constantes, qui, sur une durée égale à celle du projet, donneraient la même valeur actualisée nette. Les économies annuelles sur le cycle de vie sont calculées à partir de la valeur actualisée nette, du taux d'actualisation et de la durée de vie du projet.

Ratio avantages-coûts

Le modèle calcule le ratio avantages-coûts net, qui est le rapport des bénéfices nets tirés du projet par les coûts afférents au projet. Les bénéfices nets représentent la valeur actualisée des revenus (ou économies) annuels moins les coûts annuels ; alors que les coûts afférents au projet sont définis comme étant les capitaux propres investis.

Des ratios supérieurs à 1 sont représentatifs de projets rentables. Le ratio avantages-coûts net, semblable à l'indice de rentabilité, conduit aux mêmes conclusions que l'analyse de la valeur actualisée nette (VAN).

Calcul du coût de réduction de GES ?

Une liste déroulante permet d'indiquer si l'on désire connaître le coût de réduction d'émissions de GES. Afin de calculer la vraie valeur économique (et non financière) du coût de réduction d'émissions de GES, plusieurs paramètres doivent être choisis égaux à 0. Les paramètres qui doivent être mis à 0 sont les suivants : crédit pour réduction d'émissions de GES, ratio d'endettement, etc. De plus, il faut choisir « Non » à la rubrique « Analyse d'impôts sur le revenu ? » et mettre à zéro toutes les valeurs de dettes. Le calcul de ce coût s'adresse surtout aux économistes car il demande une analyse rigoureuse des hypothèses nécessaires au calcul.

Coût de réduction d'émissions de GES

Le modèle calcule le coût de réduction d'émissions de GES. On obtient cette valeur en divisant les économies annuelles sur le cycle de vie par la réduction nette annuelle d'émissions de GES. Pour les projets avec une augmentation nette d'émissions de GES, cette donnée n'est pas pertinente et n'est donc pas calculée.

Capitaux propres investis

Le modèle calcule les capitaux propres investis dans le projet, soit la portion de l'investissement total du projet qui est financée directement par son ou ses propriétaires. Cette somme est considérée comme versée à la fin de l'an 0, soit à la fin de la phase de développement et de réalisation. Cette valeur est calculée à partir des coûts d'investissement totaux, des montants versés à titre d'encouragements ou subventions, et du ratio d'endettement.

Dettes du projet

Le modèle calcule la dette du projet, soit la partie de l'investissement total du projet qui est financée par un emprunt. La dette du projet intervient dans le calcul des paiements de la dette et la valeur actualisée nette. Elle est calculée à partir des coûts initiaux totaux et des capitaux propres investis dans le projet.

Paiements de la dette

Le modèle calcule les paiements de la dette, soit la somme du principal et des intérêts payés chaque année sur la dette. Alors que les paiements sont constants pendant le terme de la dette, la partie « principale » augmente et la partie « intérêt » diminue avec le temps. À cet égard, la situation est semblable à celle des remboursements annuels d'une hypothèque résidentielle. Les paiements de la dette sont calculés à partir du taux d'intérêt sur la dette, de la durée de l'emprunt et de la dette du projet.

Recouvrement de la dette

Le modèle calcule le recouvrement de la dette pour chaque année du projet et ne retient que la valeur la plus faible pendant la durée du remboursement de l'emprunt. Il s'agit du rapport entre les bénéfices ou les économies d'exploitation du projet (revenus annuels nets) et les paiements de la dette (capital et intérêts).

Cette valeur reflète la capacité du projet à générer les liquidités nécessaires pour honorer les paiements de la dette. Le recouvrement de la dette est donc un rapport très utilisé par les prêteurs potentiels pour juger du risque financier d'un projet. Le modèle considère que les flux monétaires cumulés sont d'abord utilisés pour constituer une réserve suffisante pour rembourser la dette avant d'être distribués aux actionnaires.

Flux monétaires annuels

Avant impôt

Le modèle calcule pour chaque année de la vie du projet, les flux monétaires nets avant impôt, c'est-à-dire l'estimation des sommes d'argent qui sont déboursées ou récoltées, avant impôt, tout au long de la vie du projet. On considère que les coûts d'investissement sont effectués à la fin de

l'an 0, et que l'an 1 est la première année d'exploitation du projet. Par conséquent, les frais ou économies annuels de la feuille de calcul *Sommaire financier* sont indexés d'une année.

Après impôt

Le modèle calcule pour chaque année de la vie du projet, les flux monétaires nets après impôt, c'est-à-dire l'estimation des sommes d'argent qui sont déboursées ou récoltées, après impôt, tout au long de la vie du projet. On considère que les coûts d'investissement sont effectués à la fin de l'an 0, et que l'an 1 est la première année d'exploitation du projet. Par conséquent, les frais ou économies annuels de la feuille de calcul *Sommaire financier* sont indexés d'une année.

Cumulatif

Le modèle calcule les flux monétaires cumulatifs qui représentent les flux monétaires nets après impôt cumulés depuis l'année 0.

Graphique des flux monétaires cumulatifs

Le graphique des flux monétaires donne les flux monétaires cumulés en fonction du temps tels que présentés dans le tableau du flux monétaire cumulatif, pour chaque année.

Feuilles de calcul vierges (3)

Les trois feuilles de calcul vierges permettront à l'utilisateur de préparer une version personnalisée de présentation d'une analyse RETScreen. Par exemple, on pourra y indiquer plus de données ou de détails sur un projet, y préparer des graphiques, y présenter les résultats d'études de sensibilité plus détaillée, ou encore y bâtir une base de données personnelle. L'utilisateur peut aussi développer et inclure dans ces feuilles de calcul son propre modèle d'analyse des résultats de RETScreen.

Analyse des réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES)

Dans cette section du logiciel RETScreen d'analyse de projets sur les énergies propres, la feuille de calcul *Analyse des GES* permet d'estimer le potentiel des réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES) du projet analysé. Cette feuille de calcul comprend quatre sections principales : **Information générale, Système de référence, Système de chauffage proposé (projet) et Sommaire des réductions d'émissions de GES**. La section « Information générale » présente de l'information générale sur le projet ainsi que des données relatives à l'impact sur le réchauffement global du climat (appelé « réchauffement planétaire ») de différents GES. Les sections « Réseau électrique de référence (niveau de référence) » et « Système de chauffage de référence » décrivent le profil des émissions de GES du système de référence, la base de comparaison de l'analyse. La section « Système de chauffage proposé » décrit le profil des émissions de GES du système proposé (ici, chauffage à la biomasse). La section « Sommaire des réductions d'émissions de GE » estime les réductions d'émissions de GES, d'après les données entrées par l'utilisateur dans les sections précédentes et d'après les valeurs entrées ou calculées dans les autres feuilles de calcul RETScreen (p. ex. énergie annuelle fournie). Les résultats sont calculés en tonnes équivalentes de CO₂ évitées par année. Cette analyse est optionnelle - les valeurs entrées dans cette feuille de calcul n'affecteront pas les résultats présentés dans les autres feuilles, sauf pour les rubriques reliées aux GES qui apparaissent dans la feuille de calcul *Sommaire financier* et *Sensibilité*.

Les gaz à effet de serre comprennent la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), l'ozone (O₃) et différents gaz de la famille des organochlorés (c.-à-d. les produits chimiques qui contiennent du carbone associé à du fluor, du chlore ou du brome). Les gaz à effet de serre permettent au rayonnement solaire d'entrer dans l'atmosphère terrestre, mais empêchent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre de s'échapper en l'absorbant. Les gaz à effet de serre ré-émettent alors partiellement cette énergie vers la terre, sous forme de radiation thermique, ce qui la réchauffe. Les gaz à effet de serre qui sont les plus pertinents aux projets d'analyse énergétique sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O) ; RETScreen ne considère donc que ces gaz dans son analyse des réductions d'émissions de GES.

La feuille de calcul *Analyse des GES* de chaque projet a été élaborée selon un schéma commun, de manière à simplifier la tâche de l'utilisateur dans l'analyse de la viabilité des projets. Ainsi, la description de chaque paramètre est commune à la plupart des rubriques qui apparaissent dans les feuilles de calcul *Analyse des GES*. Pour les décideurs, un des principaux avantages de RETScreen est qu'il facilite le processus d'évaluation de projets.

Par ces différentes rubriques, la feuille de calcul *Analyse des GES*, permet aux décideurs d'évaluer relativement facilement, l'impact de plusieurs variables (p. ex. proportion des sources d'énergie, rendement de conversion de l'énergie) sur les émissions de GES présenté dans les résultats (p. ex. facteur d'émissions de GES) d'un projet particulier. Cependant, l'utilisateur doit savoir que cette facilité d'évaluation peut présenter au promoteur une vue d'ensemble simplifiée et trop optimiste du projet en matière d'exigences encadrant la détermination du niveau de

référence d'un projet. Il est donc suggéré à l'utilisateur de **prendre une approche conservatrice dans le calcul du facteur d'émissions de GES du niveau de référence**, particulièrement au stade de l'analyse de pré faisabilité. Pour évaluer les bénéfices nets découlant d'un financement par l'utilisation des crédits d'émissions du projet, l'utilisateur devrait évaluer le projet deux fois ; une première fois en tenant compte de la valeur des crédits d'émissions et des frais de transaction associés et une seconde fois sans en tenir compte, pour pouvoir comparer les résultats.

Utiliser la feuille Analyse des GES ?

L'utilisateur indique s'il utilise ou non la feuille de calcul *Analyse des GES* pour faire une analyse des réductions de GES en sélectionnant la réponse appropriée dans la liste déroulante de la cellule d'entrée.

Si l'utilisateur sélectionne « Oui », il devra alors compléter la feuille de calcul *Analyse des GES*. Certaines valeurs d'entrée seront ajoutées à la feuille de calcul *Sommaire financier* afin de calculer d'éventuels crédits ou coûts liés aux réductions d'émissions de GES.

Si l'utilisateur sélectionne « Non », il peut aller directement à la feuille de calcul *Sommaire financier*.

Type d'analyse

L'utilisateur sélectionne le type d'analyse désirée à partir des deux options offertes dans la liste déroulante : « Standard » et « Personnalisé ». Pour une analyse « Standard », le logiciel utilisera plusieurs paramètres prédéfinis pour faire ces calculs. Pour une analyse de type « Personnalisé », ces paramètres devront être entrés par l'utilisateur.

Information générale

Nom du projet

Le nom du projet est donné à titre de référence seulement, tel qu'entré par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Lieu du projet

Le lieu du projet est donné à titre de référence seulement, tel qu'entré par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Potentiel de réchauffement planétaire des GES

Le modèle indique le potentiel de réchauffement planétaire du méthane (CH₄) et de l'oxyde nitreux (N₂O). Si l'utilisateur a sélectionné l'analyse de type « Personnalisé », d'autres valeurs que celles proposées par défaut par le logiciel peuvent être entrées. Des valeurs de « potentiel de

réchauffement planétaire » de différents gaz à effet de serre sont proposées par des experts pour permettre de comparer leur capacité relative à piéger l'énergie thermique dans l'atmosphère. Plus le potentiel de réchauffement d'un gaz est élevé, plus sa contribution à favoriser l'effet de serre est élevée. Par exemple, l'oxyde nitreux (N₂O) a 310 fois plus d'efficacité que le dioxyde de carbone (CO₂) pour piéger l'énergie thermique dans l'atmosphère.

Le potentiel de réchauffement planétaire est donné par rapport au dioxyde de carbone (CO₂) qui a une valeur de référence de 1 (c.-à-d. que le potentiel de réchauffement planétaire du CO₂ est 1 et celui du N₂O est 310). Les valeurs par défaut proposées par le logiciel sont tirées de la version révisée des Lignes Directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour les inventaires de gaz à effet de serre, 1996.

Réseau électrique de référence (niveau de référence)

Pour réaliser une analyse RETScreen des réductions d'émissions de GES pour un projet de système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, l'utilisateur doit définir un réseau électrique de référence. Il suffit souvent de définir une centrale de production d'énergie électrique utilisant les sources conventionnelles d'énergie typiques de la région.

Note : Il est important de bien définir le réseau électrique de référence si un des systèmes de chauffage de référence, défini dans la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau*, ou encore le système de chauffage de pointe, défini dans la feuille de calcul *Modèle énergétique* est le chauffage électrique. Autrement, c'est moins important car les quantités d'électricité en jeu sont seulement dues aux pompes, ventilateurs et autres équipements auxiliaires qui consomment des quantités relativement faibles d'électricité.

Ainsi, en Amérique du Nord, lorsque l'on prépare une analyse des réductions d'émissions de GES d'un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, on peut la comparer à une centrale au gaz naturel à cycle combiné. Dans ce cas, l'utilisateur n'a qu'à sélectionner « Gaz naturel » comme source d'énergie avec une valeur de 100 % comme proportion des sources d'énergie. La valeur par défaut de 8 % peut être utilisée sous la rubrique « Pertes de transport et de distribution ». Dans le cas d'un endroit isolé, sans raccordement à un réseau électrique, on peut considérer une génératrice diesel comme centrale équivalente avec « Diesel (mazout #2) » comme source d'énergie.

On peut aussi simuler un réseau de plusieurs centrales électriques interconnectées, en réalisant une moyenne pondérée en fonction de leur production électrique, de leur source d'énergie respective et de leurs pertes de transport et de distribution (p. ex. des installations photovoltaïques décentralisées auront, en général, des pertes de transport et de distribution inférieures aux autres centrales). Ce genre d'information est habituellement disponible auprès de la régie locale de l'énergie ou du gouvernement. Ainsi, l'« United States Environmental Protection Agency (US-EPA) » tient à jour une banque de données nommée E-GRID, « The Emissions & Generation Resource Integrated Database ». Cette banque de données présente les caractéristiques environnementales des centrales électriques, incluant leur source respective d'énergie primaire. Cette banque de données est disponible gratuitement sur le site Internet [E-GRID](#).

Pour illustrer cette méthode d'analyse, prenons l'exemple d'un projet de système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique en Nouvelle-Écosse au Canada. Le gouvernement provincial pourrait déterminer que le niveau de référence doit être basé sur une moyenne pondérée selon les proportions des modes de production. Ceci peut être calculé en entrant simplement les proportions des modes dans le réseau avec les coefficients d'émissions appropriés. L'information fournie par Ressources naturelles Canada, permet de dresser la répartition suivante des sources d'énergie primaire : charbon 78 %, hydroélectricité 9 %, mazout (#6) 5 %, gaz naturel 5 % et biomasse 3 %, avec une moyenne globale de 8 % de pertes pour le transport et la distribution d'électricité.

Certains utilisateurs préféreront réaliser des analyses des réductions d'émissions de GES plus détaillées pour leur projet (p. ex. un économiste travaillant pour une commission publique). Le modèle permet des analyses plus détaillées en sélectionnant « Personnalisé » dans la liste déroulante de la rubrique « Type d'analyse ». L'utilisateur pourra alors définir ses propres valeurs de facteurs d'émissions, etc.

Si le promoteur du projet peut avoir accès aux modèles d'utilisation des capacités de production de la compagnie d'électricité, il pourra utiliser les données du réseau électrique de référence pour déterminer la consommation de combustible à la marge sur le réseau. De cette façon, le carburant et les émissions qui seraient déplacés par la mise sur pied du projet pourraient être évalués avec plus d'exactitude. Par exemple, si le modèle d'utilisation des capacités de production de la compagnie d'électricité montre que les combustibles utilisées à la marge sont le gaz naturel, 85 % du temps et l'huile, 15 % du temps, l'utilisateur pourrait entrer ces renseignements dans le tableau du scénario de référence avec les coefficients d'émission de GES correspondants. Le niveau de référence résultant est souvent qualifié de « marge de fonctionnement ou d'opération ».

Une autre option de référence appelée « marge à la construction » peut être évaluée en modélisant les installations énergétiques récemment construites ; par exemple : les 5 centrales les plus récentes à avoir été ajoutées au réseau. Pour modéliser la marge à la construction, il faut entrer dans les données du réseau électrique de référence, les installations énergétiques récentes accompagnées de leur puissance relative (ramenée à un total de 100 %) et de leurs coefficients d'émissions de GES.

Il est conseillé de suivre une approche conservatrice dans le calcul des facteurs de référence des émissions, particulièrement à l'étape de l'analyse de préfaisabilité.

Mode de production

L'utilisateur sélectionne le mode de production à partir des options offertes dans la liste déroulante. Le logiciel RETScreen peut modéliser les émissions de GES de n'importe quelle centrale de production d'électricité. La rubrique mode de production fait référence aux sources d'énergie qui seront déplacées par le projet. Lorsque l'utilisateur sélectionne une source d'énergie dans la liste déroulante de cette rubrique, des valeurs par défaut de facteurs d'émissions et une valeur par défaut de rendement de conversion de l'énergie sont automatiquement insérées dans les colonnes correspondantes du tableau. Ces valeurs par défaut sont données dans le tableau [Fenhann, J., 1999], [Fenhann, J., 2000] et [The Danish Energy Agency, 1999].

Pour un projet de type « Personnalisé », si la source d'énergie n'est pas disponible dans la liste déroulante, l'utilisateur choisit « Autre » et entre manuellement les valeurs dans les colonnes correspondantes. L'ordre dans lequel les sources d'énergie sont entrées dans le tableau n'a pas d'importance.

Source d'énergie	Facteur d'émissions de CO ₂ (kg/GJ)	Facteur d'émissions de CH ₄ (kg/GJ)	Facteur d'émissions de N ₂ O (kg/GJ)	Rendement de conversion de l'énergie %
Charbon	94.6	0.0020	0.0030	35%
Gaz naturel	56.1	0.0030	0.0010	45%
Nucléaire	0	0	0	-
Grande hydroélectricité	0	0	0	-
Mazout #6	77.4	0.0030	0.0020	30%
Diesel (mazout #2)	74.1	0.0020	0.0020	30%
Géothermique	0	0	0	-
Biomasse	0	0.0320	0.0040	25%
Petite hydroélectricité	0	0	0	-
Éolien	0	0	0	-
Solaire	0	0	0	-
Propane	63.1	0.0010	0.0010	45%

Facteurs d'émissions et rendements de conversion par défaut

Proportion des modes

L'utilisateur entre la proportion (%) de chaque mode de production du réseau électrique de référence. La proportion correspond à un pourcentage du total de l'énergie électrique fournie au réseau. La somme des proportions doit donc être égale à 100 %.

Facteur d'émissions du CO₂, CH₄ et N₂O

(Analyse de type personnalisé)

L'utilisateur entre les facteurs d'émissions du CO₂, CH₄ et N₂O pour chacun des différents modes de production d'électricité du réseau de référence. Les facteurs sont exprimés en masse de GES émis par unité d'énergie thermique. Les facteurs d'émissions varieront selon le type et la qualité de la source d'énergie, et selon le type et la grosseur de la centrale de production d'électricité. Pour les projets avec raccordement à un réseau central, l'utilisateur devra entrer des facteurs d'émissions de GES qui seront représentatifs de ce réseau, c'est-à-dire, pour une assez grosse centrale électrique. Le modèle calcule, par unité d'électricité fournie, la moyenne pondérée du facteur global d'émissions de toutes les centrales utilisant des sources différentes d'énergie primaire. Le modèle présente les résultats dans la ligne mélange d'électricité située dans le bas du tableau. Le mélange d'électricité ainsi calculé tient compte du rendement de conversion de l'énergie et des pertes de transport et de distribution pour chaque mode de production.

Pour chaque mode de production sélectionné, les unités sont exprimées en kilogrammes de gaz émit par gigajoule d'énergie thermique générée (kg/GJ). Pour le mélange d'électricité global situé dans la ligne au bas du tableau, les unités sont exprimées en kilogrammes de gaz émit par

gigajoule d'électricité nette fournie au réseau électrique.

Pour plus d'information sur la façon de déterminer les facteurs d'émissions de GES, consulter le guide « [Lignes Directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre](#) ». Les facteurs d'émissions de CO₂ de plusieurs sources d'énergie sont donnés à la [page 1.13 du manuel de référence](#) « IPCC Reference Manual » (disponible en anglais seulement). Les facteurs d'émissions de CH₄ et de N₂O de différentes sources d'énergie primaire sont donnés dans les [pages 1.35 et 1.36 du manuel de référence](#) « IPCC Reference Manual ».

Facteur d'émissions du CO₂, CH₄ et N₂O

(Analyse de type standard)

Le modèle propose des facteurs d'émissions du CO₂, CH₄ et N₂O pour les modes de production d'électricité sélectionnés. Les facteurs sont exprimés en masse de GES émis par unité d'énergie thermique. Les facteurs d'émissions varieront selon le type et la qualité de la source d'énergie, et selon le type et la grosseur de la centrale de production d'électricité. Les facteurs d'émissions proposés par défaut par le modèle sont représentatifs de centrale de production d'électricité de taille importante qui alimenterait un réseau central. Le modèle calcule la moyenne pondérée du facteur global d'émissions de tous les modes de production des différentes centrales par unité d'électricité fournie et présente les résultats dans la rangée mélange d'électricité située dans le bas du tableau. Le mélange global d'électricité ainsi calculé tient compte du rendement de conversion de l'énergie et des pertes de transport et de distribution pour chaque mode de production.

Pour chaque mode de production sélectionné, les unités sont exprimées en kilogrammes de gaz émit par gigajoule d'énergie thermique générée (kg/GJ). Pour le mélange d'électricité global situé dans la rangée au bas du tableau, les unités sont exprimées en kilogrammes de gaz émit par gigajoule d'électricité nette fournie au réseau électrique.

Pour plus d'information sur la façon de déterminer les facteurs d'émissions de GES, consulter le guide « [Lignes Directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre](#) ». Les facteurs d'émissions de CO₂ de plusieurs sources d'énergie sont donnés à la [page 1.13 du manuel de référence](#) « IPCC Reference Manual » (disponible en anglais seulement). Les facteurs d'émissions de CH₄ et de N₂O de différentes sources d'énergie primaire sont donnés dans les [pages 1.35 et 1.36 du manuel de référence](#) « IPCC Reference Manual ».

Les valeurs par défaut proposées par le modèle sont présentées dans le tableau des facteurs d'émissions et rendements de conversion par défaut.

Rendement de conversion

(Analyse de type personnalisé)

L'utilisateur entre le rendement de conversion de l'énergie pour chaque mode de production du réseau électrique de référence. Le rendement de conversion représente l'efficacité de conversion de l'énergie primaire en électricité. Cette valeur est utilisée pour calculer le facteur global d'émissions de GES pour chaque mode de production, ainsi, elle n'est pertinente que pour les

modes de production qui produisent des GES (c.-à-d. avec des valeurs non nulles de facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ ou N₂O).

Par exemple, une centrale typique de production d'électricité alimentée au charbon peut avoir un rendement de conversion de l'énergie de 35 %. Cela indique que seulement 35 % de l'énergie thermique que génère le charbon est transformée en électricité utile.

Les unités sont exprimées en pourcentage et représentent le rapport entre l'énergie électrique utile (gigajoules d'électricité) et l'énergie primaire nécessaire à sa production (gigajoules d'énergie thermique). Les modes de production électrique qui ne produisent pas de GES (p. ex. le solaire) ont une valeur par défaut de 100 %.

Rendement de conversion

(Analyse de type standard)

Le modèle propose un rendement de conversion pour le mode de production sélectionné. Le rendement de conversion représente l'efficacité de conversion de l'énergie primaire en électricité utile. Cette valeur est utilisée pour calculer le facteur global d'émissions de GES pour chaque mode de production, ainsi, elle n'est pertinente que pour les modes de production qui produisent des GES (c.-à-d. avec des valeurs non nulles de facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ ou N₂O).

Par exemple, une centrale typique de production d'électricité alimentée au charbon peut avoir un rendement de conversion de l'énergie de 35 %. Cela indique que seulement 35 % de l'énergie thermique que génère le charbon est transformée en électricité utile.

Les unités sont exprimées en pourcentage et représente le rapport entre l'énergie électrique utile (gigajoules d'électricité) et l'énergie primaire nécessaire à sa production (gigajoules d'énergie thermique). Les modes de production de l'énergie qui ne produisent pas de GES (p. ex. le solaire) ont une valeur par défaut de 100 %.

Les valeurs par défaut proposées par le modèle sont présentées dans le tableau des facteurs d'émissions et rendements de conversion par défaut.

Pertes de transport et de distribution

L'utilisateur entre les pertes de transport et de distribution (%) du réseau électriques de référence, qui incluent toutes les pertes d'énergie entre la centrale électrique et le point de consommation. Cette valeur varie en fonction de la tension des lignes électriques, de la distance entre le point de production et le site d'utilisation, des charges de pointe, de la température ambiante et même du vol possible d'électricité. De plus, le type de technologie utilisée pour le transport d'électricité (p. ex. CA ou CC) et la qualité de l'onde peuvent aussi influencer les pertes. Le modèle calcule la moyenne pondérée des pertes globales de transport et de distribution de tous les modes de production électrique et présente les résultats dans la rangée mélange d'électricité dans le bas du tableau.

Les unités sont exprimées en pourcentage et représentent le rapport entre toutes les pertes électriques et l'électricité générée. Les pertes de transport et de distribution sont de l'ordre de 8 à 10 % pour un réseau moderne et de 10 à 20 % pour un réseau situé dans un pays en développement.

Facteur d'émissions de GES

Le modèle calcule le facteur d'émissions de GES pour chaque mode de production. Pour chaque mode de production, cette valeur est calculée à partir des valeurs individuelles des facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ et N₂O, du rendement de conversion de l'énergie et des pertes de transport et de distribution. Le modèle calcule ensuite le facteur moyen pondéré d'émissions de GES du mélange global d'électricité et présente le résultat dans la rangée au bas du tableau.

Les unités sont exprimées en tonnes équivalentes de CO₂ par mégawatt-heure d'électricité utile fournie (t_{CO2}/MWh).

Système de chauffage de référence

Le système de chauffage de référence est le système auquel on compare le système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. Il est défini par la source d'énergie utilisée, les émissions de GES qu'il génère et un rendement de conversion.

Source d'énergie

Il s'agit des sources d'énergie du système de chauffage de référence de chaque groupe de bâtiments qui ont été choisies dans la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau* et qui sont automatiquement transférées dans la feuille *Analyse des GES*.

Proportion des sources d'énergie

Le modèle calcule la proportion des sources d'énergie à partir de la demande énergétique en chauffage tirée de la feuille *Besoins en chauffage et réseau*. Cette valeur représente la fraction (%) de la demande en chauffage d'un seul groupe de bâtiments par rapport à la demande totale de tous les groupes de bâtiments.

Facteur d'émissions du CO₂, CH₄ et N₂O

(Analyse de type personnalisé)

Pour le système de chauffage de référence, l'utilisateur entre les facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ et N₂O correspondant à la source d'énergie de chauffage utilisée. Si la source de chauffage de référence est l'électricité le modèle choisit les facteurs d'émissions du réseau électrique de référence.

Les facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ et N₂O sont exprimés en masse de GES émis par unité d'énergie thermique produite. Les facteurs d'émissions varieront selon le type et la qualité de la source d'énergie, et selon le type et la grosseur du système de chauffage.

Pour chaque source d'énergie sélectionnée, les unités sont exprimées en kilogrammes de gaz émis par gigajoule d'énergie de chauffage générée (kg/GJ).

Pour plus d'information sur la façon de déterminer les facteurs d'émissions de GES, consulter le guide « [Lignes Directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre](#) ». Les facteurs d'émissions de CO₂ de plusieurs sources d'énergie sont donnés à la [page 1.13 du manuel de référence](#) « IPCC Reference Manual » (disponible en anglais seulement). Les facteurs d'émissions de CH₄ et de N₂O de différentes sources d'énergie primaire sont donnés dans les [pages 1.35 et 1.36 du manuel de référence](#) « IPCC Reference Manual ».

Facteur d'émissions du CO₂, CH₄ et N₂O

(Analyse de type standard)

Le modèle propose des facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ et N₂O correspondant à la source d'énergie de chauffage utilisée. Si la source de chauffage de référence est l'électricité le modèle choisit les facteurs d'émissions du réseau électrique de référence.

Les facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ et N₂O sont exprimés en masse de GES émis par unité d'énergie thermique produite. Les facteurs d'émissions varieront selon le type et la qualité de la source d'énergie, et selon le type et la grosseur du système de chauffage. Les valeurs par défaut qui sont proposées sont celles représentatives de grosses installations de chauffage. Pour de plus petites chaufferies ou plus de précision, l'utilisateur peut choisir le type d'analyse «Personnalisé » et entrer lui-même les différents facteurs d'émissions.

Pour chaque source d'énergie sélectionnée, les unités sont exprimées en kilogrammes de gaz émis par gigajoule d'énergie de chauffage générée (kg/GJ).

Pour plus d'information sur la façon de déterminer les facteurs d'émissions de GES, consulter le guide « [Lignes Directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre](#) ». Les facteurs d'émissions de CO₂ de plusieurs sources d'énergie sont donnés à la [page 1.13 du manuel de référence](#) « IPCC Reference Manual » (disponible en anglais seulement). Les facteurs d'émissions de CH₄ et de N₂O de différentes sources d'énergie primaire sont donnés dans les [pages 1.35 et 1.36 du manuel de référence](#) « IPCC Reference Manual ».

Les valeurs par défaut proposées par le modèle sont présentées dans le tableau des facteurs d'émissions et rendements de conversion par défaut.

Rendement de conversion

Les rendements de conversion de l'énergie des systèmes de chauffage de référence ont été entrés dans la feuille de calcul *Besoins en chauffage et réseau* et se trouvent automatiquement transférés dans la feuille de calcul *Analyse des GES*. Il s'agit d'un rendement saisonnier, c'est-à-dire du rapport entre la quantité annuelle de chaleur utile produite et la quantité annuelle d'énergie primaire utilisée. Cette valeur est utilisée, conjointement avec les facteurs d'émissions du CO₂, CH₄ et N₂O, pour calculer le facteur global d'émissions de GES et n'est utile à considérer que pour les sources d'énergie primaire générant des émissions de GES.

Les unités sont exprimées en pourcentage et représente le rapport entre l'énergie de chauffage des locaux produite et l'énergie primaire utilisée.

Facteur d'émissions de GES

Le modèle calcule le facteur d'émissions de GES pour le système de chauffage de référence de chaque groupe de bâtiments. Cette valeur est calculée à partir des valeurs individuelles des facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ et N₂O et des rendements de conversion de l'énergie. Le modèle calcule ensuite le facteur moyen pondéré d'émissions de GES et présente le résultat dans la rangée au bas du tableau.

Les unités sont exprimées en tonnes équivalentes de CO₂ par mégawatt-heure d'énergie utile fournie pour le chauffage des locaux (t_{CO2}/MWh).

Système de chauffage proposé (projet de chauffage à la biomasse)

Le système de chauffage proposé comme mesure d'atténuation des émissions de GES, est un système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique. Il est défini par ses sources d'énergie, ses émissions de GES et ses rendements de conversion. Dans tous les cas, l'énergie électrique utilisée par les pompes et ventilateurs, le cas échéant, est considérée provenir du réseau électrique de référence.

Source d'énergie

Les sources d'énergie du système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique, sélectionnées par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*, sont transférées dans la feuille de calcul *Analyse des GES*.

Proportion des sources d'énergie

Le modèle calcule la proportion des sources d'énergie du système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique à partir des valeurs entrées par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*. L'électricité entrée par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Analyse*

des coûts fait partie du mélange global des sources de chauffage. Ainsi, la proportion totale des sources d'énergie peut excéder 100 % compte tenu qu'elle inclut cette électricité parasitaire, qui ne génère aucune énergie de chauffage utile.

Facteur d'émissions du CO₂, CH₄ et N₂O

(Analyse de type personnalisé)

Pour le système de chauffage proposé, l'utilisateur entre les facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ et N₂O correspondant aux sources d'énergie de chauffage utilisées par le système proposé. Si la source de chauffage de pointe sélectionnée est l'électricité, le modèle choisit les facteurs d'émissions du réseau électrique de référence.

Pour chaque source d'énergie sélectionnée, les unités sont exprimées en kilogrammes de gaz émis par gigajoule d'énergie de chauffage générée (kg/GJ).

Facteur d'émissions du CO₂, CH₄ et N₂O

(Analyse de type standard)

Le modèle propose automatiquement les facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ et N₂O correspondant aux différentes sources d'énergie pour faire fonctionner le système proposé.

Pour chaque source d'énergie sélectionnée, les unités sont exprimées en kilogrammes de gaz émis par gigajoule d'énergie de chauffage générée (kg/GJ).

Les valeurs par défaut proposées par le modèle sont présentées dans le tableau suivant.

Rendement de conversion

Le rendement de conversion de l'énergie des systèmes de chauffage à la biomasse et de pointe entré par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Modèle énergétique* est transféré dans la feuille de calcul *Analyse des GES*. Les rendements de conversion de l'énergie de chauffage pour le système de récupération thermique et pour l'électricité parasitaire, le cas échéant, sont établis à 100 %.

Les unités sont exprimées en pourcentage et représente le rapport entre l'énergie de chauffage des locaux produite et l'énergie de chauffage primaire (gigajoules de chaleur).

Facteur d'émissions de GES

Le modèle calcule le facteur d'émissions de GES pour le projet à partir des valeurs individuelles des facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ et N₂O et des rendements de conversion de l'énergie.

Les unités sont exprimées en tonnes équivalentes de CO₂ émis par mégawatt-heure d'énergie utile fournie pour le chauffage des locaux (t_{CO2}/MWh).

Sommaire des réductions d'émissions de GES

Le modèle calcule la réduction annuelle d'émissions de GES lorsque le système de référence est remplacé par le projet proposé. Ce calcul est basé sur les données d'entrée d'émissions de GES.

Facteur d'émissions de GES de référence

Le modèle transfère sous cette rubrique le facteur d'émissions de GES du niveau de référence qui a été calculé dans la section « Système de chauffage de référence ». Cette valeur représente la quantité de GES émise par unité d'énergie utile fournie pour le cas de référence pour le chauffage des locaux.

Les unités sont exprimées en tonnes équivalentes de CO₂ émises par mégawatt-heure d'énergie utile fournie de chauffage des locaux (t_{CO2}/MWh).

Facteur d'émissions de GES du cas proposé

Le modèle transfère sous cette rubrique le facteur d'émissions de GES du projet proposé qui a été calculé dans la section « Système de chauffage proposé ». Cette valeur représente la quantité de GES émise par unité d'énergie de chauffage des locaux fournie par le système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique (système de chauffage proposé).

Les unités sont exprimées en tonnes équivalentes de CO₂ émises par mégawatt-heure d'énergie utile fournie pour le chauffage des locaux (t_{CO2}/MWh).

Énergie annuelle utile fournie

Le modèle indique la quantité d'énergie de chauffage utile produite par le système proposé, telle que calculée dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Les unités sont exprimées en mégawatt-heure d'énergie utile fournie pour le chauffage des locaux (MWh).

Réduction annuelle d'émissions de GES

Le modèle calcule la réduction annuelle d'émissions de GES lorsque le système de référence est remplacé par le projet proposé. Ce calcul est basé sur les facteurs d'émissions comparés de GES du cas de référence et du cas proposé, ainsi que sur l'énergie annuelle utile fournie par le système de chauffage à la biomasse et/ou de récupération thermique.

Les unités sont exprimées en tonnes équivalentes de CO₂ émises par année (t_{CO2}/an).

Note : À cette étape, l'utilisateur peut compléter la feuille de calcul *Sommaire financier*.

Analyse de sensibilité et de risque

La feuille de calcul *Analyse de sensibilité et de risque* du logiciel RETScreen d'analyse de projets d'énergie propre permet à l'utilisateur d'évaluer la sensibilité des indicateurs financiers importants aux variations des paramètres techniques et financiers clés. Cette feuille de calcul contient deux sections principales : **l'analyse de sensibilité** et **l'analyse de risque**. Chaque section fournit des renseignements sur les relations entre les paramètres clés et les indicateurs financiers importants, illustrant quels paramètres ont le plus d'impact sur les indicateurs financiers. L'analyse de sensibilité est prévue pour un usage général alors que l'analyse de risque, laquelle exécute une simulation de type Monte Carlo, s'adresse à des utilisateurs qui possèdent des connaissances en statistiques.

Les deux analyses sont optionnelles. Les données entrées sur cette feuille de calcul n'affecteront pas les résultats des autres feuilles de calcul.

Utiliser la feuille d'analyse de sensibilité ?

En sélectionnant à partir de la liste déroulante, l'utilisateur indique s'il désire utiliser la feuille de calcul optionnelle *Analyse de sensibilité et de risque* pour réaliser une analyse de sensibilité sur les indicateurs financiers importants.

Si l'utilisateur choisi « Oui » dans la liste déroulante, la section d'analyse de sensibilité s'ouvrira et l'utilisateur pourra compléter la partie supérieure de la feuille de calcul. L'utilisateur devra cliquer sur le bouton « Cliquer ici pour calculer l'analyse de sensibilité » afin d'obtenir les résultats.

Effectuer aussi l'analyse de risque ?

En sélectionnant à partir de la liste déroulante, l'utilisateur indique s'il désire utiliser la section optionnelle d'analyse de risque pour réaliser une telle analyse en plus de l'analyse de sensibilité. Dans la section d'analyse de risque, l'impact de chaque donnée d'entrée sur l'indicateur financier sélectionné est calculé en appliquant une régression linéaire multiple normalisée sur l'indicateur financier.

Si l'utilisateur choisi « Oui » dans la liste déroulante, la section d'analyse de risque s'ouvrira et l'utilisateur pourra compléter la partie inférieure de la feuille de calcul. L'analyse effectuée portera sur l'indicateur financier sélectionné par l'utilisateur dans le champ « Effectuer l'analyse sur » en haut à droite. L'utilisateur devra cliquer sur le bouton « Cliquer ici pour calculer l'analyse de risque » de la section Analyse de risque dans la partie inférieure de la feuille de calcul afin d'obtenir les résultats.

Nom du projet

Le nom du projet est donné à titre de référence seulement, tel qu'entré par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Lieu du projet

Le lieu du projet est donné à titre de référence seulement, tel qu'entré par l'utilisateur dans la feuille de calcul *Modèle énergétique*.

Effectuer l'analyse sur

Parmi les trois options de la liste déroulante, l'utilisateur choisit l'indicateur financier à utiliser pour l'analyse de sensibilité et l'analyse de risque. Modifier cette sélection entraînera un changement des résultats sur toute la feuille de calcul.

Plage de sensibilité

L'utilisateur entre la valeur de la plage de sensibilité (%) qui définit le pourcentage maximal de variation appliquée aux paramètres clés dans les tableaux des résultats de l'analyse de sensibilité. Chaque valeur des paramètres est variée de l'une des fractions suivantes de la plage de sensibilité : -1, -1/2, 0, 1/2, 1. Ce seuil est uniquement utilisé dans la section d'analyse de sensibilité.

La plage de sensibilité entrée par l'utilisateur doit être un pourcentage compris entre 0 et 50 %.

Seuil

L'utilisateur entre la valeur de seuil pour l'indicateur financier sélectionné. Le seuil est la valeur sous laquelle (pour le « TRI et RI après impôt » et la « Valeur actualisée nette - VAN » ou au-dessus de laquelle (pour l'« Année de flux monétaire nul ») l'utilisateur considère que le projet n'est pas financièrement viable. Des résultats qui indiquent un projet non viable, tel que défini par le seuil, apparaîtront dans des cellules de couleur orange à l'intérieur des tableaux de résultats de l'analyse de sensibilité. Ce seuil est uniquement utilisé dans la section d'analyse de sensibilité.

Cliquer ici pour calculer l'analyse de sensibilité

Le bouton « Cliquer ici pour calculer l'analyse de sensibilité » permet de mettre à jour les calculs de l'analyse de sensibilité avec les paramètres entrés par l'utilisateur (c.-à-d. les paramètres entrés dans les champs « Effectuer l'analyse sur » et « Plage de sensibilité »). Les résultats dans les tableaux de l'analyse de sensibilité sont mis à jour seulement si l'utilisateur clique sur ce bouton.

Les calculs reliés à l'analyse de sensibilité peuvent prendre jusqu'à 15 secondes à s'effectuer selon la version d'Excel et la vitesse de l'ordinateur. Lorsque l'analyse de sensibilité est mise à jour, le bouton disparaît.

Si l'utilisateur modifie un paramètre ou s'il navigue dans une autre feuille de calcul du modèle, le bouton réapparaît. L'utilisateur pourra alors cliquer de nouveau sur celui-ci de façon à ce que l'analyse de sensibilité soit actualisée et qu'elle reflète les modifications apportées.

Analyse de sensibilité sur ...

Cette section affiche les résultats de l'analyse de sensibilité. Chaque tableau présente les changements de l'indicateur financier sélectionné (p. ex. TRI et RI après impôt) suite aux variations, selon les pourcentages indiqués, de deux paramètres (p. ex. coûts d'investissement et coût évité en énergie). Les paramètres varient en fonction des fractions suivantes de la plage de sensibilité : -1, -1/2, 0, 1/2, 1. Les valeurs nominales (celles qui apparaissent dans le *Sommaire financier*) sont affichées en gras dans les tableaux des résultats de l'analyse de sensibilité.

Des résultats qui indiquent un projet non viable, tel que défini par le seuil entré par l'utilisateur, apparaîtront dans des cellules de couleur orange à l'intérieur des tableaux de résultats de l'analyse de sensibilité.

Toutes les valeurs des paramètres utilisés dans les calculs de l'analyse de sensibilité proviennent de la feuille de calcul *Sommaire financier*. Cela représente une certaine limitation pour la feuille d'analyse de sensibilité puisque certains paramètres sont calculés à partir de données en provenance d'autres feuilles de calcul du modèle et dont on suppose qu'ils sont constants. Cela dit, cette restriction est généralement sans conséquence. Si nécessaire, l'utilisateur peut se servir d'une feuille de calcul vierge (Feuille1, etc.) pour effectuer une analyse plus détaillée.

Analyse de risque sur ...

Cette section permet à l'utilisateur d'effectuer une analyse de risque en spécifiant l'incertitude associée à plusieurs paramètres clés pour évaluer l'impact qu'a cette incertitude sur le TRI et RI après impôt, l'année de flux monétaire nul ou la valeur actualisée nette (VAN).

L'analyse de risque exécute une simulation de type Monte Carlo avec 500 combinaisons possibles de variables d'entrée pour générer 500 valeurs de TRI et RI après impôt, d'années de flux monétaire nul ou de valeur actualisée nette (VAN). En observant la distribution des résultats possibles, l'utilisateur peut évaluer si la variabilité de l'indicateur financier est acceptable ou non. Si elle n'est pas acceptable, il devra s'efforcer de réduire l'incertitude associée aux paramètres identifiés comme ayant le plus grand impact sur l'indicateur financier choisi.

Coût évité en énergie de chauffage

Le coût évité en énergie de chauffage est automatiquement copié de la feuille de calcul *Sommaire financier* dans la feuille de calcul *Sensibilité*.

L'utilisateur entre la plage de variation du coût évité en énergie de chauffage. La plage, exprimée en pourcentage, représente l'incertitude associée à l'estimation du coût évité en énergie de chauffage. Plus le pourcentage est élevé, plus l'incertitude est grande. La plage d'incertitude entrée par l'utilisateur doit être comprise entre 0 et 50 %. Cette plage délimite l'intervalle des valeurs possibles que le coût évité en énergie de chauffage pourrait prendre.

Par exemple : une plage d'incertitude de 10 % associée à un coût évité en énergie de chauffage de 90 \$/MWh indique que le coût évité en énergie de chauffage peut prendre n'importe quelle valeur entre 81 \$/MWh et 99 \$/MWh. Puisque la valeur estimée est de 90 \$/MWh, cette valeur sera considérée comme étant la plus probable dans l'analyse de risque, alors que les valeurs minimales et maximales seront considérées comme étant les moins probables, le tout selon une distribution normale.

Si le coût évité en énergie de chauffage est connu de façon précise par l'utilisateur (aucune incertitude), alors celui-ci devrait entrer une plage de 0 %.

Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement sont automatiquement copiés de la feuille de calcul *Sommaire financier* dans la feuille de calcul *Sensibilité*.

L'utilisateur entre la plage de variation des coûts d'investissement. La plage, exprimée en pourcentage, représente l'incertitude associée à l'estimation des coûts d'investissement. Plus le pourcentage est élevé, plus l'incertitude est grande. La plage d'incertitude entrée par l'utilisateur doit être comprise entre 0 et 50 %. Cette plage délimite l'intervalle des valeurs possibles que les coûts d'investissement pourraient prendre.

Par exemple : une plage d'incertitude de 10 % associée à des coûts d'investissement de 300 000 \$ indique que les coûts d'investissement peuvent prendre n'importe quelle valeur entre 270 000 \$ et 330 000 \$. Puisque la valeur estimée est de 300 000 \$, cette valeur sera considérée comme étant la plus probable dans l'analyse de risque, alors que les valeurs minimales et maximales seront considérées comme étant les moins probables, le tout selon une distribution normale.

Si les coûts d'investissement sont connus de façon précise par l'utilisateur (aucune incertitude), alors celui-ci devrait entrer une plage de 0 %.

Frais annuels

Les frais annuels sont automatiquement copiés de la feuille de calcul *Sommaire financier* dans la feuille de calcul *Sensibilité*.

L'utilisateur entre la plage de variation des frais annuels. La plage, exprimée en pourcentage, représente l'incertitude associée à l'estimation des frais annuels. Plus le pourcentage est élevé, plus l'incertitude est grande. La plage d'incertitude entrée par l'utilisateur doit être comprise entre 0 et 50 %. Cette plage délimite l'intervalle des valeurs possibles que les frais annuels pourraient prendre.

Par exemple : une plage d'incertitude de 10 % associée à des frais annuels de 80 000 \$ indique que les frais annuels peuvent prendre n'importe quelle valeur entre 72 000 \$ et 88 000 \$. Puisque la valeur estimée est de 80 000 \$, cette valeur sera considérée comme étant la plus probable dans l'analyse de risque, alors que les valeurs minimales et maximales seront considérées comme étant les moins probables, le tout selon une distribution normale.

Si les frais annuels sont connus de façon précise par l'utilisateur (aucune incertitude), alors celui-ci devrait entrer une plage de 0 %.

Ratio d'endettement

Le ratio d'endettement est automatiquement copié de la feuille de calcul *Sommaire financier* dans la feuille de calcul *Sensibilité*.

L'utilisateur entre la plage de variation du ratio d'endettement. La plage, exprimée en pourcentage, représente l'incertitude associée à l'estimation du ratio d'endettement. Plus le pourcentage est élevé, plus l'incertitude est grande. La plage d'incertitude entrée par l'utilisateur doit être comprise entre 0 % et la plus petite valeur exprimée en pourcentage qui garde le ratio d'endettement dans l'intervalle 0 à 100 %. Cette plage délimite l'intervalle des valeurs possibles que le ratio d'endettement pourrait prendre.

Par exemple : une plage d'incertitude de 10 % associée à un ratio d'endettement de 70 % indique que le ratio d'endettement peut prendre n'importe quelle valeur entre 63 et 77 %. Puisque la valeur estimée est de 70 %, cette valeur sera considérée comme étant la plus probable dans l'analyse de risque, alors que les valeurs minimales et maximales seront considérées comme étant les moins probables, le tout selon une distribution normale.

Si le ratio d'endettement est connu de façon précise par l'utilisateur (aucune incertitude), alors celui-ci devrait entrer une plage de 0 %.

Taux d'intérêt sur la dette

Le taux d'intérêt sur la dette est automatiquement copié de la feuille de calcul *Sommaire financier* dans la feuille de calcul *Sensibilité*.

L'utilisateur entre la plage de variation du taux d'intérêt sur la dette. La plage, exprimée en pourcentage, représente l'incertitude associée à l'estimation du taux d'intérêt sur la dette. Plus le pourcentage est élevé, plus l'incertitude est grande. La plage d'incertitude entrée par l'utilisateur doit être comprise entre 0 et 50 %. Cette plage délimite l'intervalle des valeurs possibles que ce taux d'intérêt pourrait prendre.

Par exemple : une plage d'incertitude de 10 % associée à un taux d'intérêt sur la dette de 20 % indique que le taux d'intérêt peut prendre n'importe quelle valeur entre 18 et 22 %. Puisque la valeur estimée est de 20 %, cette valeur sera considérée comme étant la plus probable dans l'analyse de risque, alors que les valeurs minimales et maximales seront considérées comme étant les moins probables, le tout selon une distribution normale.

Si le taux d'intérêt sur la dette est connu de façon précise par l'utilisateur (aucune incertitude), alors celui-ci devrait entrer une plage de 0 %.

Durée de l'emprunt

La durée de l'emprunt est automatiquement copié de la feuille de calcul *Sommaire financier* dans la feuille de calcul *Sensibilité*.

L'utilisateur entre la plage de variation de la durée de l'emprunt. La plage, exprimée en pourcentage, représente l'incertitude associée à l'estimation de la durée de l'emprunt. Plus le pourcentage est élevé, plus l'incertitude est grande. La plage d'incertitude entrée par l'utilisateur doit être comprise entre 0 % et la plus petite valeur exprimée en pourcentage qui garde la durée de l'emprunt dans l'intervalle de 1 an jusqu'à la durée de vie du projet. Cette plage délimite l'intervalle des valeurs possibles que la durée de l'emprunt pourrait prendre.

Par exemple : une plage d'incertitude de 10 % associée à une durée de l'emprunt de 20 ans indique que la durée de l'emprunt peut prendre n'importe quelle valeur entre 18 et 22 ans. Puisque la valeur estimée est de 20 ans, cette valeur sera considérée comme étant la plus probable dans l'analyse de risque, alors que les valeurs minimales et maximales seront considérées comme étant les moins probables, le tout selon une distribution normale.

Si la durée de l'emprunt est connue de façon précise par l'utilisateur (aucune incertitude), alors celui-ci devrait entrer une plage de 0 %.

Crédit pour réduction d'émissions de GES

Le crédit pour la réduction d'émissions de GES est automatiquement copié de la feuille de calcul *Sommaire financier* dans la feuille de calcul *Sensibilité*.

L'utilisateur entre la plage de variation du crédit pour la réduction d'émissions de GES. La plage, exprimée en pourcentage, représente l'incertitude associée à l'estimation du crédit pour la réduction d'émissions de GES. Plus le pourcentage est élevé, plus l'incertitude est grande. La plage d'incertitude entrée par l'utilisateur doit être comprise entre 0 et 50 %. Cette plage délimite l'intervalle des valeurs possibles que le crédit pour la réduction d'émissions de GES pourrait prendre.

Par exemple : une plage d'incertitude de 10 % associée à un crédit pour la réduction d'émissions de GES 5 \$/t_{CO2} indique que le crédit peut prendre n'importe quelle valeur entre 4,5 \$/t_{CO2} et 5,5 \$/t_{CO2}. Puisque la valeur estimée est de 5 \$/t_{CO2}, cette valeur sera considérée comme étant la plus probable dans l'analyse de risque, alors que les valeurs minimales et maximales seront considérées comme étant les moins probables, le tout selon une distribution normale.

Si le crédit pour la réduction d'émissions de GES est connu de façon précise par l'utilisateur (aucune incertitude), alors celui-ci devrait entrer une plage de 0 %.

Cliquer ici pour calculer l'analyse de risque

Le bouton « Cliquer ici pour calculer l'analyse de risque » permet de mettre à jour les calculs de l'analyse de risque avec les paramètres entrés par l'utilisateur. Le fait de cliquer sur ce bouton démarre une simulation de type Monte Carlo sur la base de 500 combinaisons possibles des variables d'entrée pour calculer 500 valeurs de l'indicateur financier sélectionné. Le graphique d'impact, la médiane, les minimum et maximum de l'intervalle de confiance ainsi que le graphique de distribution sont calculés à partir de ces résultats et sont actualisés à chaque fois que l'utilisateur clique sur le bouton « Cliquer ici pour calculer l'analyse de risque ».

Les calculs reliés à l'analyse de risque peuvent prendre jusqu'à 1 minute à s'effectuer selon la version d'Excel et la vitesse de l'ordinateur. Lorsque l'analyse de risque est à jour, le bouton disparaît.

Si l'utilisateur modifie un paramètre ou s'il navigue dans une autre feuille de calcul du modèle, le bouton réapparaîtra. L'utilisateur pourra alors cliquer de nouveau sur celui-ci de façon à ce que l'analyse de risque soit actualisée et qu'elle reflète les modifications apportées.

Graphique d'impact

Le graphique d'impact présente la contribution relative des incertitudes associées aux paramètres clés sur la variabilité de l'indicateur financier sélectionné. L'axe des X au bas du graphique n'a pas d'unités puisque l'on y représente seulement les indices du poids relatif de la contribution de chaque paramètre clés.

Pour un paramètre donné, plus la barre horizontale est longue, plus l'impact de ce paramètre sur la variabilité de l'indicateur financier est grand.

Les paramètres entrés sont automatiquement triés selon leur impact sur l'indicateur financier. Le paramètre situé en haut du graphique (axe des Y) est celui qui contribue le plus aux variations de l'indicateur financier, alors que celui situé en bas du graphique est celui qui y contribue le moins. Ce graphique de type « tornade » peut aider l'utilisateur à identifier les paramètres qui méritent une analyse plus approfondie.

La direction de la barre horizontale (positive ou négative) indique la façon dont l'indicateur financier varie en fonction du paramètre en question. La relation entre les deux est positive lorsqu'une augmentation de la valeur du paramètre entraîne l'augmentation de la valeur de l'indicateur financier. Par exemple, il y a habituellement une relation négative liant les coûts d'investissement et la valeur actualisée nette (VAN), car une diminution des coûts d'investissement entraîne une augmentation de la VAN.

Dans certains cas, les données sont insuffisantes pour afficher correctement le graphique. Par exemple, lorsque l'année de flux monétaire nul est atteinte immédiatement, le résultat n'est pas une valeur numérique et les valeurs dans le graphique ne peuvent être affichées.

Médiane

Le modèle calcule la médiane de l'indicateur financier. La médiane de l'indicateur correspond au 50^e centile des 500 valeurs générées par la simulation Monte Carlo. La valeur de la médiane sera généralement proche de la valeur de l'indicateur financier calculée dans la feuille de calcul *Sommaire financier*.

Niveau de risque

L'utilisateur sélectionne à partir de la liste déroulante le niveau de risque acceptable pour l'indicateur financier évalué. Les choix sont : 5 %, 10 %, 15 %, 20 % et 25 %.

Le niveau de risque permet d'établir un intervalle de confiance (défini par des limites maximales et minimales) à l'intérieur duquel devrait se trouver l'indicateur financier. En fait, le niveau de risque représente la probabilité que l'indicateur financier se retrouve à l'extérieur de cet intervalle de confiance.

Les limites de l'intervalle de confiance sont calculées automatiquement en fonction de la médiane et du niveau de risque et sont présentées en tant que « Minimum de l'intervalle de confiance » et « Maximum de l'intervalle de confiance ».

Il est recommandé de choisir un niveau de risque de 5 ou 10 % puisque ces valeurs sont typiques pour les analyses de risque.

Minimum de l'intervalle de confiance

Le modèle calcule le « Minimum de l'intervalle de confiance » qui est la limite inférieure de l'intervalle de confiance à l'intérieur duquel devrait se trouver l'indicateur financier. Le minimum est le centile de la distribution de l'indicateur financier correspondant à la moitié du niveau de risque sélectionné. Par exemple : pour un minimum de l'intervalle de confiance de 15 % dans le cas du TRI, un niveau de risque de 10 % implique que 5 % (la moitié du niveau de risque) des valeurs possibles de TRI sont inférieures à 15 %.

Maximum de l'intervalle de confiance

Le modèle calcule le « Maximum de l'intervalle de confiance » qui est la limite supérieure de l'intervalle de confiance à l'intérieur duquel devrait se trouver l'indicateur financier. Le maximum est le centile de la distribution de l'indicateur financier correspondant à 100 % moins la moitié du niveau de risque. Par exemple : pour un maximum de l'intervalle de confiance de 25 % dans le cas du TRI, un niveau de risque de 10 % implique que 95 % des valeurs possibles de TRI sont inférieures à 25 %.

Graphique de distribution

Cet histogramme présente la distribution des valeurs possibles pour l'indicateur financier résultant de la simulation Monte Carlo. La hauteur des colonnes représente la fréquence (%) à laquelle on retrouve les valeurs comprises dans la plage définie par la largeur de chaque colonne. La valeur au centre de la plage définie par chaque colonne est affichée sur l'axe des X.

En observant la distribution de l'indicateur financier, l'utilisateur peut rapidement évaluer sa variabilité.

Dans certains cas, les données sont insuffisantes pour afficher correctement le graphique. Par exemple, lorsque l'année de flux monétaire nul est atteinte immédiatement, le résultat n'est pas une valeur numérique et les valeurs dans le graphique ne peuvent être affichées.

Graphique de l'intervalle de confiance

Le graphique de l'intervalle de confiance décrit les valeurs minimale et maximale de l'indicateur financier auxquelles on peut s'attendre en fonction du niveau de risque choisi.

Données de produits

Certaines des exigences du modèle en matière de données sur les produits sont présentées dans la base de données de produits en ligne de RETScreen. Pour savoir comment accéder à la base de données de produits en ligne, l'utilisateur peut consulter la section « Accès aux données et à l'aide ». Cette base de données donne des renseignements sur l'équipement associé au projet. Depuis la boîte de dialogue de la base de données de produits en ligne RETScreen, l'utilisateur peut obtenir des données sur le rendement et les spécifications des produits, ainsi que l'information sur les fournisseurs de ces produits.

À partir de la boîte de dialogue l'utilisateur sélectionne la région, suivi du fournisseur, de la puissance d'une chaudière, du modèle et du nombre de chaudières. Les données peuvent être collées depuis la boîte de dialogue dans les feuilles de calcul grâce au bouton « Coller les données ». Seules les données en **gras** sont collées dans les feuilles de calcul ; toutes les autres données sont fournies à titre de référence seulement. Les données saisies à l'aide de la base de données de produits en ligne RETScreen peuvent être **modifiées** ; c.-à-d. que l'utilisateur peut utiliser d'autres données et saisir manuellement des valeurs dans les feuilles de calcul. Les « Autres information » tels le poids et/ou les dimensions du produit sont aussi fournies afin d'aider l'utilisateur à préparer l'étude. La base de données contient un lien vers les sites Web de certains fournisseurs de produits. Dans le cas où le lien du site Web ne pourrait être activé, l'utilisateur devrait essayer avec un autre fournisseur ou tenter de communiquer avec le fournisseur par d'autres moyens (courrier électronique, etc.).

Note : Pour accéder à la liste complète des fournisseurs contenus dans la base de données de produits, et à leurs coordonnées, l'utilisateur doit choisir l'option « Toute » à partir de la liste déroulante « Région » de la boîte de dialogue.

La base de données de produits est diffusée à des fins de renseignements et ne représente pas nécessairement le point de vue du Gouvernement du Canada ni ne constitue une quelconque acceptation d'un produit commercial ou d'une personne en particulier. Ni le Canada, ni ses ministres, représentants, employés ou agents n'assurent une garantie à l'égard de cette base de données ou n'assument une quelconque responsabilité à propos de celle-ci.

Les fabricants de produits qui aimeraient voir les renseignements sur leurs produits inscrits dans la base de données de produits doivent contacter RETScreen® International à :

RETScreen® International
Centre de la technologie de l'énergie de CANMET - Varennes
Ressources naturelles Canada
1615, boul. Lionel-Boulet, C.P. 4800
Varennes, QC, CANADA J3X 1S6

Tél : +1-450-652-4621
Fax : +1-450-652-5177
Courriel : rets@rncan.gc.ca

Données météorologiques

Cette base de données contient certaines des données météorologiques nécessaires au modèle. Pour savoir comment accéder à la base de données météorologiques en ligne RETScreen l'utilisateur peut consulter la section « Accès aux données et à l'aide ». Pendant l'exécution du logiciel, l'utilisateur peut obtenir des données météorologiques en provenance de **stations météorologiques de surveillance au sol** et/ou des **données-satellite de la NASA**. Les données de stations météorologiques de surveillance au sol sont obtenues en choisissant l'emplacement spécifique de la station, à partir de la boîte de dialogue de la base de données météorologiques en ligne RETScreen. Les données-satellite sont obtenues en utilisant le lien au site Web de la NASA aussi accessible à partir de la boîte de dialogue.

Données de stations météorologiques de surveillance au sol

Depuis la boîte de dialogue, l'utilisateur choisit une région, puis un pays, puis une sous-région (provinces au Canada, états aux États-Unis et n/d pour les autres pays) et finalement l'emplacement d'une station météorologique correspondant habituellement au nom d'une ville dans le pays choisi. Les données peuvent être collées depuis la boîte de dialogue dans les feuilles de calcul grâce au bouton « Coller les données ». Seules les données en **gras** sont collées dans les feuilles de calcul ; toutes les autres données sont fournies à titre de référence seulement. Les données saisies à l'aide de la base de données météorologiques en ligne RETScreen peuvent être **modifiées** ; c'est-à-dire que l'utilisateur peut utiliser d'autres données et saisir manuellement des valeurs dans les feuilles de calcul. L'utilisateur peut également utiliser les données-satellite de la NASA, en particulier lorsque le projet se trouve à un emplacement distant des stations météorologiques données.

Données-satellite mondiales de la NASA

Un lien pour le site Web « [NASA Surface meteorology and Solar Energy Data Set](#) » est disponible à partir de la boîte de dialogue de la base de données météorologiques en ligne RETScreen. On retrouve sur ce site des données météorologiques et des données sur l'énergie solaire. L'utilisateur peut sélectionner les données requises pour le modèle en cliquant sur une région de la carte du monde affichée sur le site Web de la NASA. La zone sélectionnée est rétrécie à une « cellule » bornée par une latitude et une longitude spécifique. L'utilisateur peut ainsi simplement copier et coller ces données dans les feuilles de calcul de RETScreen ou encore entrer manuellement ces valeurs.

La NASA et le CTEC-Varenes travaillent en coopération pour faciliter l'exploitation des données-satellite mondiales de la NASA avec RETScreen et développer une nouvelle base de données météorologiques globales (voir « [Surface meteorology and Solar Energy Data Set](#) » pour utiliser l'outil) pour RETScreen. Ces travaux, qui sont parrainés dans le cadre du « Earth Science Enterprise Program » de la NASA, sont menés au Langley Research Center de la NASA et au CTEC-Varenes. Cette collaboration permet aux utilisateurs de RETScreen d'accéder (gratuitement) à des données-satellite comme le niveau d'ensoleillement de la surface terrestre, les températures mondiales et la vitesse des vents, simplement en cliquant sur les liens

incorporés au logiciel RETScreen ou au site Web de la NASA. Ces données, qui n'étaient disponibles que depuis un nombre limité de stations météorologiques de surveillance au sol, sont cruciales pour l'évaluation du potentiel énergétique d'un projet. L'utilisation des données-satellite se traduira par des réductions de coûts considérables pour les utilisateurs, de nouveaux débouchés pour l'industrie et la possibilité pour le gouvernement et l'industrie d'évaluer le potentiel des ressources énergétiques régionales.

Données de coûts

Des données sur les coûts typiques nécessaires à la préparation des études RETScreen peuvent être obtenues en consultant la base de données des coûts et le manuel en ligne RETScreen. Cette base de données est intégrée à la « colonne de droite » de la feuille de calcul *Analyse des coûts*. Les coûts sont fondés sur les tarifs en vigueur au Canada et l'année de référence 2000. L'utilisateur peut également créer sa propre base de données personnalisée.

Dans la feuille de calcul *Analyse des coûts*, l'utilisateur peut choisir différentes bases de référence pour l'aider à estimer les coûts d'implantation du projet. Il a ainsi la possibilité de modifier les colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût » en utilisant l'une des 3 options suivantes : « Canada - 2000 », « Aucun », « Deuxième devise », ou un choix de 8 options définies par l'utilisateur (« Entrée 1 », « Entrée 2 », etc.).

Si l'utilisateur choisit « Canada - 2000 » les plages de valeurs données dans les colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût » concernent des projets au Canada, avec des coûts en \$ canadiens, valides en 2000.

Si l'utilisateur choisit « Aucun », les colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût » sont cachées. Cela permet d'alléger la présentation d'un rapport utilisant les feuilles de calcul RETScreen.

Si l'utilisateur choisit « Deuxième devise », deux nouvelles cellules d'entrée de données apparaissent à la ligne suivante : « Deuxième devise » et « Taux : 1^{re} devise/2^e devise ». De plus, les colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût » sont chacune remplacées par « % étranger » et « Montant étranger ». Cette option permet à l'utilisateur d'exprimer certains coûts du projet en une seconde devise, tenant ainsi compte des montants qui doivent être payés dans une devise autre que celle choisie pour l'analyse de projet. Bien noter que ces colonnes sont données à titre indicatif seulement et n'ont aucune incidence sur les calculs et l'analyse des autres feuilles de calcul.

Si l'utilisateur choisit « Entrée 1 » (ou un quelconque des 8 autres choix possibles), il peut entrer manuellement d'autres valeurs de quantités ou de coûts, spécifiques à la région d'implantation du projet, ou pour une autre année de référence des coûts. L'utilisateur peut ainsi personnaliser le contenu des colonnes « Plage/quantité » et « Plage/coût ». Au lieu d'entrer « Entrée 1 » l'utilisateur peut écrire ce qu'il veut (p. ex. Japon - 2001) pour décrire de nouvelles plages de coûts et de quantités. L'utilisateur peut aussi utiliser plusieurs plages de coûts et quantités dans un même projet (on peut en choisir jusqu'à 8 différentes), permettant d'évaluer en parallèle jusqu'à 8 scénarios différents de coûts et quantités qui peuvent être utilisés à titre de référence pour des analyses ultérieures avec RETScreen, créant ainsi une nouvelle base locale de données de référence.

Formation et aide

L'utilisateur peut obtenir l'information à jour concernant la formation et l'aide RETScreen à l'adresse Web suivante : www.etscreen.net/f/training/.

Conditions d'utilisation

Exonération et indemnisation

Le logiciel **RETScreen® International** est fourni uniquement à des fins d'examen. Ni Ressources naturelles Canada, ni son ministre, ses cadres, ses employés ou ses agents ne font d'allégations ni ne donnent de garanties, explicites ou implicites, découlant de la loi ou autres, incluant mais sans s'y limiter des garanties de commerciabilité ou d'adéquation à un objectif particulier, ou à l'effet que l'utilisation du logiciel n'empiète pas sur les droits de propriété intellectuelle de tierces parties. En aucun cas, Ressources naturelles Canada, ni son ministre, ni ses représentants, agents ou employés n'ont d'obligations ni de responsabilités quant à des torts, des pertes de revenus ou de profits, ou des dommages indirects, particuliers, incidents ou consécutifs à l'utilisation faite du logiciel.

En échange du droit de charger, d'exécuter et d'utiliser **RETScreen® International**, l'utilisateur (détenteur de licence), garantira de toute responsabilité Ressources naturelles Canada (donneur de licence), ainsi que ses employés et agents, et sera responsable pour toutes revendications, demandes, pertes, coûts, y compris les coûts d'avocat et de client, dommages ou poursuites découlant de l'utilisation de RETScreen International par le détenteur de licence, ou liés à celle-ci ou occasionnés par elle. Le donneur de licence aura le droit de se défendre de toute action ou poursuite de ce genre en recourant aux services du procureur de son choix.

Droits d'auteur et marque de commerce

Le logiciel **RETScreen® International** d'analyse de projets sur les énergies propres, ainsi que le manuel et les bases de données qui l'accompagnent sont la propriété intellectuelle du ministère de Ressources naturelles Canada (1997 - 2005). Toute forme de reproduction est interdite à moins d'autorisation écrite préalable, que l'on peut obtenir auprès de :

RETScreen® International
Centre de la technologie de l'énergie de CANMET - Varennes
Ressources naturelles Canada
1615, boul. Lionel-Boulet, C.P. 4800
Varennes, QC, CANADA J3X 1S6

Tél : +1-450-652-4621

Fax : +1-450-652-5177

Courriel : rets@nrcan.gc.ca

© Ministre de Ressources naturelles Canada 1997 - 2005.

RETSCREEN est une marque de commerce enregistrée du Ministre de Ressources naturelles Canada.

Contrat de licence

L'utilisation de **RETScreen® International** est sujette aux conditions détaillées dans le contrat de licence du logiciel RETScreen qui est disponible à l'adresse Web suivante : www.retscreen.net/licence.html.

L'utilisateur est encouragé à s'inscrire correctement sur le site Web RETScreen, de sorte que le Centre puisse périodiquement informer l'utilisateur des mises à jour du produit et rendre compte de l'utilisation globale de RETScreen.

Bibliographie

American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), ASHRAE Handbook, Fundamentals Volume, 1997.

Arkay, K. et Blais, C., Le choix des réseaux thermiques au Canada, Chauffage et climatisation urbains : systèmes intégrés, CANMET, Ressources naturelles Canada, 1996.

Chabot, B., Communication personnelle, 1999.

Community Energy Technologies, CETC, 1997.

The Danish Energy Agency, Engerstatistics 1995, 1999.

Fenhann, J., Communication personnelle, janvier 2000.

Fenhann, J., Projections of Emissions of Greenhouse Gases, Ozone precursors and Sulphur Dioxide from Danish Sources until 2010, The Danish Energy Agency, décembre 1999.

Hayden, S., Communication personnelle, CETC, 1997.

Leng, G., RETScreen International : A Decision-Support et Capacity-Building Tool for Assessing Potential Renewable Energy Projects, UNEP Industry & Environment, 3rd Quarter, 2000.

Martinot, E. et McDoom, O., Promoting Energy Efficiency and Renewable Energy : GEF Climate Change Projects and Impacts, October 1999 Pre-Publication Draft, Global Environment Facility, 1999.

McCallum, B., Small-Scale Automated Biomass Energy Heating Systems : A Viable Option For Remote Canadian Communities ?, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, et LRDEC, 1997.

McCallum, B., Case Studies of Small Commercial Biomass Combustion Systems in PEI, Ressources naturelles Canada, juin 1995

Randløv, P., District Heating Handbook, European District Heating Pipe Manufacturers Association, ISBN87-90488-00-8, 1997.

Sandor, R., Walsh, M. et Leblanc, A., Creating a Market for Carbon Emissions : Gas Industry Opportunities, publié dans Natural Gas, juin 1999.

Sykes, B., Communication personnelle, CFS, 1997.

Index

A

Accès aux données et à l'aide.....	5, 10, 107, 108
Allocation du coût en capital	76
Analyse de risque sur	100
Analyse de sensibilité et de risque.....	3, 9, 98
Analyse de sensibilité sur	100
Analyse des coûts ... 3, 6, 9, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 37, 41, 43, 44, 54, 56, 58, 59, 64, 65, 69, 70, 72, 74, 77, 79, 80, 96, 110	
Analyse des réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES)	3, 86
Analyse d'impôt sur le revenu?.....	74
Analyse financière	69, 80
Année de flux monétaire nul.....	82, 99
Appels d'offres et contrats	53
Approbations et permis.....	50
Après impôt	85
Autres	49, 51, 53, 57, 60, 63, 68, 107
Avant impôt.....	84

B

Besoins en biocombustible	20
Besoins en chauffage et conception du réseau de chauffage urbain	3, 9, 10, 21
Besoins en combustible de chauffage.....	20
Bibliographie	3, 114
Bilan énergétique annuel	69
Biomasse.....	64
Brève description et organigramme.....	3, 4

C

Calcul de la charge en chauffage	27
Calcul du coût de réduction de GES?	83
Capitaux propres investis.....	84
Caractéristiques du site.....	10, 21
Charge de pointe en chauffage	11
Charge de pointe totale en chauffage.....	28
Charge en chauffage par groupe de bâtiments ...	27, 28
Cliquer ici pour calculer l'analyse de risque ...	98, 104
Cliquer ici pour calculer l'analyse de sensibilité	98, 99
Code de couleur des cellules.....	5
Combustible utilisé en pointe	65
Combustible/électricité	79
Combustible/Électricité	64
Conception du réseau de chauffage urbain	23, 29
Conception du site et de la chaufferie.....	52
Conception du système énergétique	52

Conception préliminaire	48
Conditions d'utilisation.....	3, 112
Congé fiscal disponible?.....	76
Construction de la chaufferie et de la cour	59
Contrat de licence	113
Coût de la station de transfert d'énergie.....	35
Coût de réduction d'émissions de GES	83
Coût des tuyaux de la ligne de distribution secondaire	37
Coût évité en énergie de chauffage.....	70, 71, 100
Coût total de connexion du groupe de bâtiments.....	38
Coût total de l'énergie consommée	29
Coût total du réseau de chauffage urbain.....	40
Coût unitaire de la source d'énergie.....	16, 28
Coûts de référence	6, 44, 45
Coûts d'investissement.....	46, 74, 77, 101
Coûts d'investissement (crédits)	46
Coûts du projet et économies générées.....	69, 77
Coûts du réseau de chauffage urbain	34
Coûts périodiques (crédits)	67, 80
Crédit pour réduction de GES - durée du crédit	80
Crédit pour réduction d'émissions de GES	71, 103
Critères de conception	30
Cumulatif	85

D

Degrés-jours annuels en chauffage sous 18 °C.....	22
Degrés-jours équivalents pour eau chaude sanitaire	22
Demande de base d'eau chaude sanitaire	22
Demande énergétique en chauffage.....	27
Demande énergétique totale en chauffage	11
Dettes du projet	84
Deuxième devise.....	6, 44, 45, 46, 110
Développement.....	42, 49, 53, 77
Devise	6, 43, 45
Différentiel de température.....	31
Dimension des tuyaux	34
Divers	61, 62, 78
Données de coûts	3, 110
Données de produits	3, 107
Données de stations météorologiques de surveillance au sol.....	108
Données mensuelles	23
Données météorologiques.....	3, 108
Données-satellite mondiales de la NASA.....	108
Droits d'auteur et marque de commerce	112
Durée de l'emprunt	73, 103
Durée de vie du projet	73
Durée du congé fiscal	76
Durée du crédit pour réduction de GES	72

E

Économies annuelles sur la durée de vie	83
Économies ou revenus annuels	79
Effectuer aussi l'analyse de risque?	98
Effectuer l'analyse sur	98, 99
Électricité	26, 65, 70
Électricité requise	70
Encouragements/subventions	78
Énergie annuelle utile fournie	97
Énergie de biomasse fournie	15
Énergie de chauffage	20, 70, 79
Énergie de chauffage évitée	70
Énergie de chauffage fournie	20, 70
Énergie de pointe fournie	18
Énergie de récupération fournie	13
Énergie renouvelable fournie	70
Équipements énergétiques	54, 78
Étude de faisabilité	46, 77
Évaluation des ressources	47
Exonération et indemnisation	112
Exploitation et entretien	62, 79

F

Facteur de coût des tuyaux de la ligne de distribution principale	39
Facteur de coût des tuyaux de la ligne de distribution secondaire	37
Facteur de coût pour la station de transfert d'énergie	35
Facteur d'émissions de GES	93, 95, 96, 97
Facteur d'émissions de GES de référence	97
Facteur d'émissions de GES du cas proposé	97
Facteur d'émissions du CO ₂ , CH ₄ et N ₂ O	90, 91, 93, 94, 96
Facteur d'utilisation	19
Feuilles de calcul vierges (3)	9, 85
Financement du projet	50
Flux monétaires annuels	69, 84
Formation	3, 61, 111
Formation et aide	3, 111
Frais annuels	60, 62, 74, 79, 101
Frais annuels (crédits)	62
Frais annuels et dette	79
Frais généraux	61, 63
Frais généraux et d'administration	63
Frais imprévus	61, 64

G

Gestion du projet	51
Graphique de distribution	106
Graphique de l'intervalle de confiance	106

Graphique des flux monétaires cumulatifs	69, 85
Graphique d'impact	104

H

Heures équivalentes à plein régime	19, 22
--	--------

I

Imprimer un fichier	8
Information générale	86, 87
Infrastructures connexes	57, 60, 78
Ingénierie	52, 78
Inspection du site	47
Installation des équipements	56, 60
Installation des équipements de biomasse	56

L

Lieu du projet	10, 69, 87, 99
Ligne de distribution principale	32
Ligne de distribution secondaire	33
Longueur de la section de tuyaux	11, 34
Longueur totale des tuyaux	11, 33, 34
Longueur totale des tuyaux de la ligne principale	11, 33

M

Main-d'œuvre	63
Manufacturier de chaudières à biomasse	15
Maximum de l'intervalle de confiance	105
Médiane	105
Méthode d'amortissement	75
Méthode d'évaluation des coûts	34
Minimum de l'intervalle de confiance	105
Mode de production	89
Modèle de chaudière(s) à biomasse	15
Modèle énergétique	3, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 21, 28, 40, 54, 56, 58, 64, 65, 69, 70, 87, 88, 95, 96, 97, 98, 99
Montant étranger	44, 45, 46, 110

N

Négociations des contrats	50
Niveau de risque	105
Nom du projet	10, 69, 87, 98
Nombre de bâtiments	10, 25
Nombre de bâtiments par groupe de bâtiments	25
Note technique sur la conception du réseau	23

O

Options monétaires	6
Organigramme	4

P

Paiements de la dette	79, 84
Paiements de la dette - durée de l'emprunt	79
Paramètres du système.....	11
Paramètres financiers.....	69, 71
Période d'amortissement	76
Personnalisé.....	87, 89, 90, 94
Pertes de transport et de distribution.....	88, 92
Pièces de rechange.....	62
Plage de sensibilité	99
Potentiel de réchauffement planétaire des GES.....	87
Pouvoir calorifique de combustion	14
Préparation du rapport	48
Prix de détail de l'électricité.....	72
Production annuelle d'énergie.....	19
Projet de chauffage à la biomasse.....	3, 9
Proportion des modes	90
Proportion des sources d'énergie	93, 95
Puissance de chaudière	14, 17
Puissance de chaudière suggérée	17
Puissance de chaudière(s) à biomasse	14
Puissance de chauffage	19
Puissance du système de pointe	16
Puissance du système de pointe suggérée.....	16
Puissance du système de récupération thermique....	12
Puissance du système de secours	18
Puissance du système de secours suggérée.....	18

Q

Quantité annuelle d'énergie consommée.....	28
--	----

R

Ratio avantages-coûts	83
Ratio d'endettement	73, 102
Recouvrement de la dette.....	84
Récupération thermique.....	64
Réduction annuelle d'émissions de GES.....	97
Réduction nette d'émissions de GES	70, 71
Réduction nette d'émissions de GES - durée de vie du projet.....	71
Réduction nette d'émissions de GES - durée du crédit	70
Rendement de conversion.....	91, 92, 95, 96
Rendement en régime permanent du système de pointe	16

Rendement saisonnier de chaudière.....	15, 17
Rendement saisonnier de chaudière(s)	15
Rendement saisonnier du système de chauffage.....	26
Rendement saisonnier du système de pointe	16
Report des pertes?.....	74
Réseau électrique de référence (niveau de référence)	86, 88
Retour simple.....	82

S

Sauvegarder un fichier	7
Sections des tuyaux	32
Seuil.....	99
Sommaire des coûts de tuyaux de la ligne principale	39
Sommaire des dimensions de tuyaux de la ligne principale	39
Sommaire des longueurs de tuyaux de la ligne principale	39
Sommaire des réductions d'émissions de GES	86, 97
Sommaire financier.....	3, 9, 69, 70, 71, 77, 80, 85, 86, 87, 97, 100, 101, 102, 103, 105
Source d'énergie.....	28, 93, 95
Source d'énergie - unités de consommation.....	28
Source(s) d'énergie de chauffage	26
Standard.....	87
Station de transfert d'énergie	58
Station météorologique la plus proche du projet.....	10, 21
Surdimensionnement des tuyaux du réseau principal	32
Surdimensionnement des tuyaux du réseau secondaire	33
Surface de planchers chauffés par groupe de bâtiments.....	25
Surveillance des travaux	53
Système de chauffage à la biomasse.....	11, 12, 13, 54
Système de chauffage à la biomasse (chaudière).....	54
Système de chauffage de pointe	11, 16, 58
Système de chauffage de référence.....	25, 86, 93, 97
Système de chauffage de secours	11, 18, 58
Système de chauffage de secours (optionnel)....	11, 18
Système de chauffage proposé (projet de chauffage à la biomasse)	95
Système de chauffage proposé (projet).....	86
Système de récupération thermique.....	11, 12, 54
Système de référence et besoins en chauffage	23

T

Taux d'actualisation	72
Taux d'amortissement	76
Taux de change.....	34, 37
Taux d'imposition sur le revenu.....	74

Taux d'indexation de l'énergie	72
Taux d'indexation du crédit pour GES.....	72
Taux d'inflation.....	72
Taux d'intérêt sur la dette.....	73, 102
Taxes foncières et assurances	62
Température de calcul d'alimentation	30
Température de calcul de retour	31
Température extérieure de calcul en chauffage	21
Teneur en eau de la biomasse humide	14
Transport.....	56, 60
TRI et RI après impôt	99, 100
Tuyaux de la ligne de distribution principale	59
Tuyaux de la ligne de distribution secondaire	59
Type d'analyse	42, 87, 89
Type de biomasse	13, 16
Type de combustible du système de pointe	16
Type de connexion de la station de transfert d'énergie	35

Type de système	12
-----------------------	----

U

Unité de coût de la source d'énergie	28
Unités, symboles et préfixes	7
Utiliser la feuille Analyse des GES?.....	87
Utiliser la feuille d'analyse de sensibilité?.....	98

V

Valeur actualisée nette (VAN).....	82
Valeur résiduelle - Coût/Crédit.....	80
Valeur résiduelle du projet.....	67, 75
Voyages et hébergement.....	47, 48, 49, 51, 63

Notes

