

# Modèle pour l'Analyse de la Demande d'Énergie (MAED-2)

## Manuel de l'utilisateur



**IAEA**

Agence internationale de l'énergie atomique

COLLECTION MANUELS INFORMATIQUES NO. 18

**Modèle pour l'Analyse  
de la Demande d'Énergie  
(MAED-2)**

Manuel de l'utilisateur

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, VIENNE, 2007

La présente publication de l'AIEA a été établie par la:

Section de la planification et des études économiques  
Agence internationale de l'énergie atomique  
Wagramer Strasse 5  
B.P. 100  
A-1400 Vienne (Autriche)

MODELE POUR L'ANALYSE DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE (MAED-2)  
AIEA, VIENNE, 2007  
AIEA/CMS/18

© AIEA, 2007

Imprimé par l'AIEA en Autriche  
Juli 2007

## AVANT-PROPOS

L'AIEA apporte un soutien à ses Pays Membres dans le cadre de leur planification énergétique, dans un objectif de développement durable. Le développement et la diffusion des méthodologies et logiciels adéquats à cette planification constituent des éléments importants de ce soutien. Ce manuel a été réalisé pour faciliter l'utilisation du modèle MAED: Modèle pour l'Analyse de la Demande d'Énergie.

La méthodologie du modèle MAED est basée sur le modèle MEDEE, développé par MM B. Château et B. Lapillonne, chercheurs à l'Institut Economique et Juridique de l'Énergie (IEJE) de l'Université de Grenoble, France. La version initiale du modèle MEDEE a été développée et adaptée maintes fois, pour modéliser différents types de demande d'énergie. L'une de ses adaptations constitue le modèle MEDEE-2, développé par B. Lapillonne pour les besoins de l'Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués (IIASA), Laxenburg, Autriche.

L'AIEA s'est basée sur ce modèle MEDEE-2 et lui a apporté d'importantes modifications afin de l'adapter au cas des pays en voie de développement. Le logiciel obtenu a pris le nom de modèle MAED. La première version du modèle MAED a été conçue pour le système d'exploitation DOS puis elle a été convertie au système Windows.

Ce manuel présente la dernière version du modèle MAED. Sa principale particularité est sa grande flexibilité, ce qui permet une représentation adéquate de la structure de consommation d'énergie de chaque pays. L'utilisateur peut désormais désagréger la consommation d'énergie conformément à ses besoins et/ou à la disponibilité des données de son pays. MAED est donc devenu un outil puissant de modélisation des structures les plus diverses de consommation d'énergie. Ce manuel présente le modèle en détail et donne les indications nécessaires à son utilisation.

Le responsable de la publication de ce manuel à l'AIEA est M. Ahmed Irej Jalal, Département de l'Énergie Nucléaire.

## *NOTE DE L'ÉDITEUR*

*Cette traduction n'a pas été faite par l'Agence internationale de l'énergie atomique. La version authentique est la version anglaise distribuée par l'AIEA, ou en son nom par des personnes dûment autorisées. L'AIEA ne donne aucune garantie et n'assume aucune responsabilité en ce qui concerne la précision, la qualité, l'authenticité ou l'exécution de la traduction et de sa publication et n'accepte aucune responsabilité pour toute perte ou tout dommage, consécutif ou autre, découlant directement ou indirectement de l'utilisation de cette traduction.*

# SOMMAIRE

1	INTRODUCTION .....	1
1.1	Informations générales .....	1
1.2	Courte description du modèle MAED.....	3
1.3	Organisation du modèle MAED.....	5
2	DESCRIPTION GÉNÉRALE DU MODULE 1 DE MAED .....	6
2.1	Introduction .....	6
2.2	Calcul de la demande d'énergie .....	7
2.2.1	Secteur Industrie.....	10
2.2.2	Secteur Transport.....	13
2.2.3	Secteur Services.....	14
2.2.4	Secteur Ménages.....	15
2.3	Dimensions maximales du logiciel MAED_D.....	16
3	EXECUTION DU MODULE 1 DU MODELE MAED.....	17
3.1	Introduction .....	17
3.2	Description des feuilles de calcul Excel du module 1 de MAED .....	18
3.3	Exécution du module MAED_D.....	22
3.3.1	Quelques considérations préliminaires.....	23
3.3.2	Entrée des données et vérification progressive des résultats du modèle .....	23
3.3.3	Feuille de calcul "Defs".....	24
3.3.4	Feuille de calcul "Demogr-D" (Tableau 1) .....	34
3.3.5	Feuille de calcul "GDP-D" (Tableau 2).....	35
3.3.6	Feuilles de calcul du secteur Industrie (Tableaux 3 à 9).....	36
3.3.7	Feuilles de calcul du secteur Transport (Tableaux 10 à 13) .....	47
3.3.8	Feuilles de calcul pour le secteur Ménages (Tableaux 14 à 16).....	53
3.3.9	Feuilles de calcul du secteur Services (Tableaux 17 à 19) .....	61
3.3.10	Feuilles de calcul présentant les résultats finaux du modèle MAED_D (Tableaux 20 et 21) 65	
4	VARIABLES D'ENTRÉES ET VARIABLES DÉRIVÉES DU MODULE 1 DE MAED.....	69
4.1	Introduction .....	69
4.2	Variables d'entrées .....	69
4.3	Variables dérivées .....	69
5	PRINCIPALES EQUATIONS UTILISEES DANS LE MODULE 1 DE MAED.....	115
5.1	Introduction .....	115
5.2	Unités d'énergie .....	115
5.3	Calculs démographiques .....	115
5.4	Calculs macro-économiques .....	116

5.5	Calcul de la demande d'énergie .....	119
5.5.1	Secteur Industrie.....	119
5.5.2	Secteur Transport.....	136
5.5.3	Secteur Ménages.....	145
5.5.4	Secteur Services.....	153
5.5.5	Demande totale d'énergie finale du pays.....	155
6	DESCRIPTION GENERALE DU MODULE 2 DE MAED .....	157
6.1	Introduction .....	157
6.2	Description des feuilles de calcul Excel du module 2 de MAED .....	158
7	EXECUTION DU MODULE 2 DE MAED .....	172
7.1	Introduction .....	172
7.2	Exécution du module MAED_EL .....	173
8	BASE THEORIQUE DU MODULE 2 DE MAED .....	182
	BIBLIOGRAPHIE .....	186
	COLLABORATEURS .....	188

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 Informations générales

L'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) soutient ses Etats Membres dans la réalisation d'études de planification énergétique et électrique. Ces études ont pour objectifs principaux l'évaluation des stratégies de développement possibles des secteurs de l'énergie et de l'électricité pour satisfaire la demande future en énergie et en électricité d'un pays (ou d'une région du monde), et, en particulier, l'estimation du rôle que l'énergie nucléaire pourrait jouer dans la satisfaction de cette demande. Dans cette optique, l'AIEA a développé un ensemble de modèles d'analyse énergétique qui fournissent un cadre d'analyse systématique des différents aspects sociaux, économiques, techniques et environnementaux liés aux décisions énergétiques. Parmi ces modèles, le logiciel WASP (Wien Automatic System Planning package) a été le premier à être développé et distribué par l'AIEA, accompagné de sa méthodologie [1-6]. Ce logiciel permet de déterminer le programme optimal de développement d'un système de production d'énergie électrique, d'un point de vue économique, et en présence de certaines contraintes spécifiées par l'utilisateur. Malgré son utilisation étendue, WASP ne couvre qu'une partie du spectre complet des analyses nécessaires, dans le cadre d'une étude énergétique approfondie. Les autres modèles développés par l'AIEA sont: le Modèle pour l'Analyse de la Demande d'Énergie (Model for Analysis of Energy Demand - MAED), le Programme d'Évaluation de l'Énergie et de l'Électricité (Energy and Power Evaluation Program - ENPEP), le Modèle d'Analyse des Systèmes d'Approvisionnement en Énergie et leurs Impacts sur l'Environnement (Model for Energy Supply Systems and their General Environmental impacts - MESSAGE), le Modèle d'Analyse Financière des Plans de Développement du Secteur Électrique (Model for Financial Analysis of Electric Sector Expansion Plans - FINPLAN), et la Méthode Simplifiée d'Estimation des Impacts de la Production d'Électricité (Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generation - SIMPACTS). Ce manuel décrit le modèle MAED.

L'approche générale de la méthodologie MAED a été développée initialement par MM. B. Chateau et B. Lapillonne (MEDEE: Modèle d'Évolution de la Demande d'Énergie, Réf. 7), à l'Institut Economique et Juridique de l'Énergie (IEJE) de l'Université de Grenoble, France. MAED est resté très proche de la version simplifiée de cette méthodologie, connue sous le nom de MEDEE-2 [8, 9], et adaptée par B. Lapillonne aux besoins de l'Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués (IIASA, Laxenburg, Autriche), pour l'exécution d'études d'évaluation énergétique. Cependant, tout en respectant la structure générale de MEDEE-2, l'AIEA a introduit des modifications importantes dans MAED. Ces modifications sont relatives aux paramètres spécifiés comme données d'entrée, aux équations utilisées pour calculer la demande d'énergie de certains secteurs et à la présentation des résultats finaux fournis par le logiciel.

Plus encore, MAED inclut des modules supplémentaires pouvant être utilisés pour convertir la demande totale annuelle d'électricité en consommation horaire d'électricité, c.-à-d. en charge imposée au système de production électrique, pour chaque heure de l'année, puis en monotonnes de charge du système électrique, et constituant ainsi une fonctionnalité pratique de représentation de la charge pour les analyses de développement du système. Les modules supplémentaires susmentionnés ont été développés en utilisant des méthodologies et des logiciels déjà aboutis. Ainsi, le module qui calcule la charge électrique horaire est basé sur une méthodologie développée par la société EDF (Électricité de France), tandis que le module utilisé pour le calcul des monotonnes de charge est basé sur le logiciel DURAT qui a été



développé originellement par la Commission Économique des Nations Unies pour l'Amérique Latine (ECLA).

La première version du modèle MAED a été développée pour le système d'exploitation DOS et a été distribuée à plus de 40 pays [12]. Ces dernières années, les utilisateurs se sont majoritairement tournés vers des ordinateurs utilisant Windows. C'est pourquoi, le logiciel MAED a été converti sous forme EXCEL. La version EXCEL permet non seulement de travailler dans un environnement familier et pratique mais elle rend également la formulation du modèle complètement transparente.

Les deux anciennes versions DOS et EXCEL du modèle MAED, comportaient une structure pré-définie des secteurs économiques et des activités consommatrices d'énergie finale. Il s'agissait de six secteurs économiques: Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières, Services et Énergie, pour lesquels la demande d'énergie était en général calculée de manière agrégée. Le secteur Industries manufacturières était divisé en quatre sous-secteurs. La demande d'énergie du secteur Transport était désagrégée en transport de marchandises et transport de passagers mais les modes de transport et les carburants utilisés étaient en nombre limité et prédéfinis. Il était également possible de représenter différents types de ménages mais ils étaient tous regroupés en pays/région (on raisonnait seulement au niveau du pays tout entier, et non au niveau urbain/rural). Le secteur des Services était représenté d'une manière agrégée.

Cette structure pré-définie posait de nombreux problèmes quand à la modélisation de la structure particulière de consommation d'énergie dans de nombreux pays en voie de développement. En effet, le secteur de l'Agriculture par exemple inclut une combinaison de plusieurs types d'activités économiques (culture des plantes, élevage des animaux, pêche, sylviculture...). Chacun de ces sous-secteurs a une structure de consommation d'énergie et des intensités énergétiques différentes. Le fait d'utiliser une moyenne des différentes intensités énergétiques pour calculer la demande d'énergie du secteur Agriculture constituait une limitation pour beaucoup de pays en voie de développement. De la même manière, la structure et les intensités de consommation d'énergie des ménages varient en fonction des régions d'un même pays. Le calcul de la demande d'énergie des ménages de manière agrégée au niveau du pays représentait également une incertitude.

Du fait de ces difficultés, une nouvelle version du modèle MAED a été développée pour permettre à l'utilisateur d'adapter la structure de la demande d'énergie aux besoins et/ou au niveau de disponibilité des données. Cette nouvelle version représente un cadre flexible afin de séparer la demande d'énergie en sous-secteurs des six secteurs économiques. Par ailleurs, la demande d'énergie dans le secteur des Ménages peut maintenant être séparée en ménages ruraux et urbains et en différentes catégories d'utilisations finales de chaque groupe de ménages. Le secteur des Services a désormais quelques catégories supplémentaires d'utilisation finale de l'énergie, tandis que dans le secteur Transport ont été ajoutés de nouveaux modes de transport et des carburants supplémentaires. Dans ce nouveau cadre flexible l'utilisateur peut:

- définir jusqu'à dix sous-secteurs pour chacun des secteurs majeurs de l'économie, de l'Agriculture aux Services,
- définir jusqu'à quinze modes de transport pour chacun des sous-secteurs prédéfinis que sont le transport de passagers, le transport interurbain, le transport urbain (intra-urbain), et le transport de marchandises,

- spécifier jusqu'à huit carburants et les affecter de manière appropriée à chaque mode de transport,
- définir jusqu'à dix types de ménages pour chacun des deux groupes: Rural et Urbain.

Le modèle calcule la demande d'énergie au niveau des sous-secteurs et au niveau des activités consommatrices d'énergie.

L'objectif principal de ce manuel est de présenter les aspects techniques du modèle MAED et les hypothèses qui sont derrière la méthodologie proposée. Ceci aidera les utilisateurs à comprendre leurs résultats et à prendre conscience des limitations des analyses effectuées lors de l'utilisation de ces résultats. De plus, ce manuel guidera l'utilisateur dans le développement d'une structure du modèle appropriée à son pays ou à sa région, et dans l'utilisation de cette structure pour projeter les besoins futurs en énergie.

## **1.2 Courte description du modèle MAED**

Le modèle MAED évalue la demande future en énergie sur la base de scénarios de développement socio-économique, technologique et démographique à moyen et long-terme. Le modèle relie de manière systématique la demande spécifique d'énergie pour produire différents biens et services identifiés dans le modèle, aux facteurs sociaux, économiques et technologiques correspondants qui affectent cette demande. La demande d'énergie est désagrégée en un grand nombre de catégories d'utilisation finale, chacune correspondant à un service donné ou à la production d'un bien donné. La nature et le niveau de la demande de biens et de services sont fonction de plusieurs facteurs déterminants, parmi lesquels la croissance de la population, le nombre d'habitants par ménage, le nombre d'appareils électroménagers utilisés par les ménages, la mobilité des habitants et leurs préférences pour différents modes de transport, les priorités nationales en termes de développement de certaines industries ou de certains secteurs économiques, l'évolution des rendements des différents types d'équipements, la pénétration des nouvelles technologies ou formes d'énergies dans le marché etc. Les évolutions attendues de ces facteurs déterminants, qui constituent des éléments des «scénarios», sont spécifiées par l'utilisateur d'une manière exogène.

La bonne compréhension de ces facteurs déterminants permet l'évaluation de différentes catégories de demande d'énergie pour chaque secteur économique considéré. La demande totale d'énergie de chaque catégorie d'utilisation finale est agrégée au niveau de quatre secteurs principaux "consommateurs d'énergie": l'Industrie (incluant les secteurs Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières), le Transport, les Ménages et les Services. Le modèle fournit un cadre systématique d'évaluation des effets, sur la demande d'énergie, de la modification de facteurs économiques ou sociaux, tel que le standard de vie de la population.

Le point de départ de l'utilisation du modèle MAED est la construction de la structure de consommation d'énergie de l'année de base à l'aide du modèle. Pour cela, il s'agit de regrouper les données nécessaires provenant de différentes sources, de calculer les différents paramètres d'entrée et leur ajustement afin d'obtenir un bilan équilibré de l'énergie finale de l'année de base. Cette première étape permet d'étalonner le modèle à la situation spécifique du pays.

L'étape suivante consiste à développer des scénarios prospectifs, spécifiques à la situation et aux objectifs du pays. Ces scénarios peuvent être sous-divisés en deux sous-scénarios:

- le premier concernant le système socio-économique et décrivant les caractéristiques fondamentales de l'évolution sociale et économique du pays;
- le second lié aux facteurs technologiques qui affectent le calcul de la demande d'énergie, par exemple, le rendement et la pénétration de chaque forme d'énergie dans le marché.

Le point primordial à respecter pour produire des scénarios plausibles est la cohérence des hypothèses à l'intérieur de chaque scénario, particulièrement en ce qui concerne les évolutions sociales, économiques et technologiques. Il est par ailleurs nécessaire d'avoir une bonne compréhension de l'interdépendance des différents facteurs déterminants de la demande d'énergie. La demande future en énergie obtenue grâce au modèle n'est que le reflet des hypothèses du scénario. Afin d'obtenir des résultats les plus vraisemblables possibles, il faut modifier pas à pas les hypothèses initiales.

Le modèle met exclusivement l'accent sur la demande d'énergie, et plus précisément sur la demande de certains services énergétiques. Quand plusieurs formes d'énergie (électricité, combustibles fossiles etc.) sont possibles pour une catégorie donnée d'utilisation finale de l'énergie, la demande est d'abord calculée en termes d'énergie utile, puis elle est convertie en énergie finale, en tenant compte de la pénétration et du rendement de chaque source d'énergie envisageable, tous deux spécifiés en tant que paramètres du scénario. Les usages non-substituables de l'énergie, tels que les carburants pour les véhicules ou l'électricité pour ses usages spécifiques (électrolyse, éclairage etc.) sont calculés directement en termes d'énergie finale.

La demande en combustibles fossiles n'est pas séparée en charbon, gaz ou pétrole, car l'approvisionnement en cette combinaison de formes d'énergie dépend largement des possibilités technologiques d'approvisionnement et des prix relatifs de ces combustibles, deux aspects non pris en compte dans l'analyse MAED. La substitution des combustibles fossiles par de "nouvelles" formes d'énergie (solaire, systèmes centralisés de production de chaleur etc.) est néanmoins prise en compte, étant donné l'importance des changements structurels à venir dans la demande d'énergie que ces formes d'énergie pourraient introduire. Comme ces substitutions seront essentiellement déterminées par les décisions futures en termes de politique énergétique, elles doivent être prises en considération à l'occasion de la formulation et de l'écriture des scénarios de développement.

Une attention spéciale est portée au calcul de la demande d'électricité. Celui-ci n'est pas seulement réalisé au niveau annuel, comme pour les autres formes d'énergie, mais aussi au niveau horaire. A leur tour, ces calculs peuvent servir comme données d'entrée pour des analyses supplémentaires du système de production d'électricité à l'aide du modèle WASP. Plus précisément, ces calculs déterminent la charge électrique imposée au système de production, pour laquelle WASP choisira les technologies de production convenables qui pourront suivre la variation de la demande pendant une année ou une saison.

Les charges horaires sont calculées en utilisant différents "coefficients de modulation" qui reflètent les changements de consommation horaire d'électricité par rapport à la consommation moyenne. Pour déterminer la demande d'électricité hebdomadaire et journalière, de même que la charge horaire à partir de la demande totale annuelle d'électricité du secteur, le modèle prend en considération:

- (a) L'évolution du taux moyen annuel de croissance de la demande d'électricité;

- (b) La variation saisonnière de consommation d'électricité (cette variation peut être présentée sur une base mensuelle ou hebdomadaire, en fonction de l'information disponible);
- (c) La variation de la consommation d'électricité par type de journée (c'est à dire jours ouvrables, weekends, jours fériés etc.);
- (d) La variation horaire de la consommation d'électricité pendant une journée d'un type donné.

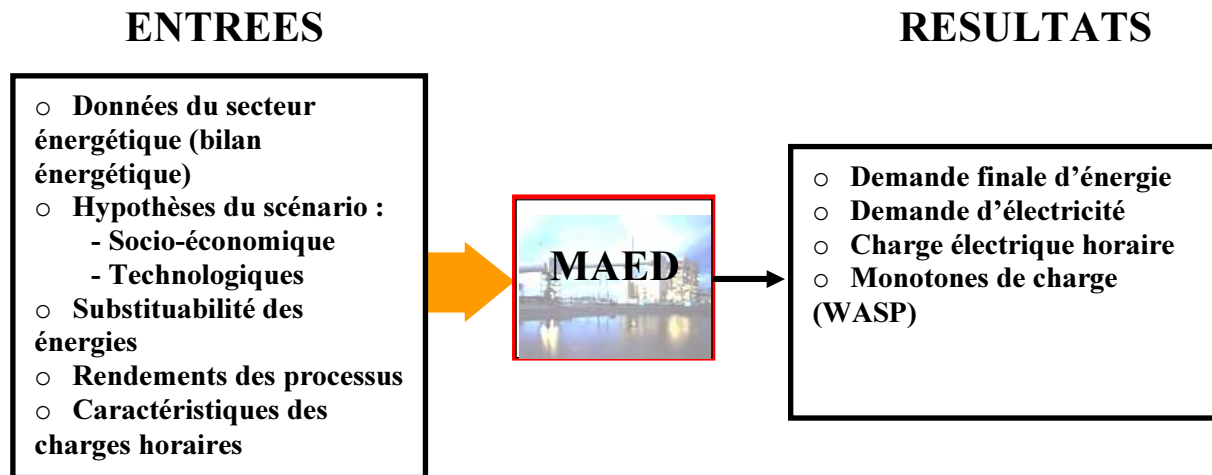


Figure 1.1 Données d'entrée principales et résultats du modèle MAED.

### 1.3 Organisation du modèle MAED

Le logiciel MAED est distribué sous la forme de deux fichiers EXCEL: MAED\_D et MAED\_EL. Le classeur MAED\_D contient plusieurs feuilles de calcul EXCEL consacrées aux différents secteurs, sous-secteurs et activités d'utilisation finale de l'énergie incluses dans le modèle. Ces feuilles de calcul permettent d'entrer les données et de voir les résultats du modèle. Ce premier classeur constitue le Module 1 (Calcul de la Demande d'Énergie) du modèle MAED. Il traite l'information relative aux scénarios de développement social, économique et technologique et calcule la demande totale d'énergie pour les années désirées. Il fournit également la répartition de cette demande par formes d'énergie et par secteur économique.

Le deuxième classeur (MAED\_EL) constitue le Module 2 (Demande de Puissance Électrique Horaire) du modèle MAED. Il utilise la demande totale annuelle d'électricité de chaque secteur (calculée par MAED\_D) pour déterminer la demande totale de puissance électrique pour chaque heure de l'année ou, autrement dit, la charge électrique horaire imposée au système électrique considéré. Ce classeur contient plusieurs feuilles de calcul destinées à entrer des données supplémentaires, exécuter le module et voir les résultats. Ces deux classeurs utilisent plusieurs macros Visual Basic Microsoft pour exécuter les calculs de ces modules ainsi que certaines fonctions présentées dans les chapitres suivants.

## 2 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU MODULE 1 DE MAED

### ANALYSE DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE

#### 2.1 Introduction

Le Module 1 du modèle MAED (MAED\_D) est un module de simulation destiné à évaluer la demande d'énergie d'un pays ou d'une région du monde à moyen et long terme. Il fait partie de la famille des modèles MEDEE qui est basée sur la méthode des scénarios. Dans la méthodologie MAED/MEDEE, un "scénario" est une description cohérente d'une vision possible de développement à long terme d'un pays, caractérisée principalement par l'orientation de la politique socio-économique du gouvernement à long terme. Conformément à cette méthodologie, le planificateur peut faire des hypothèses sur l'évolution possible du mode de développement social, économique, et technologique d'un pays, tel qu'il peut être anticipé à long terme à partir des tendances actuelles et des objectifs gouvernementaux. La cohérence du scénario est un aspect très important de la méthodologie afin de garantir l'obtention de résultats robustes. Cette cohérence doit être vérifiée par le planificateur lors de la formulation des scénarios possibles de développement.

La méthodologie MAED\_D inclut la séquence d'opérations suivante :

- (1) décomposition de manière cohérente de la demande totale d'énergie du pays ou de la région en un grand nombre de catégories d'usages finaux;
- (2) identification des paramètres sociaux, économiques et technologiques qui affectent chaque catégorie d'utilisation finale de la demande d'énergie;
- (3) établissement de la relation mathématique qui relie la demande d'énergie et les facteurs affectant cette demande;
- (4) développement de scénarios cohérents de développement social, économique et technologique d'un pays donné;
- (5) évaluation de la demande d'énergie résultant de chaque scénario; et finalement
- (6) sélection parmi l'ensemble des scénarios possibles proposés, du modèle de développement "le plus probable" pour le pays.

Il faut préciser que dans le modèle, la demande d'énergie du consommateur final est (dans la mesure du possible) toujours calculée en termes de service rendu (énergie "utile") et non en termes de quantité d'énergie fournie (énergie "finale"). Cette différenciation entre la demande d'énergie utile et finale permet une étude adéquate de la substitution entre différentes formes d'énergie, et une meilleure évaluation de l'évolution des améliorations technologiques des équipements et des appareils utilisés par le consommateur final.

#### *Objectifs de la méthodologie*

Le modèle MAED\_D a été conçu pour refléter:

- (a) Les changements structurels dans la demande d'énergie d'un pays à moyen et long terme, grâce à une analyse détaillée des caractéristiques sociales, économiques et technologiques d'un pays donné. Cette méthode prend en considération l'évolution des besoins sociaux de la population, tels que la demande de chauffage, d'éclairage, de transport, de

climatisation, en fonction de la répartition de la population entre milieu urbain et rural; les politiques industrielles du pays (développement poussé de certains types d'industries); les politiques du pays concernant le transport, l'habitat, etc., de même que le développement technologique;

- (b) L'évolution des marchés potentiels de chaque forme d'énergie finale: électricité, combustibles fossiles (charbon, gaz, pétrole), énergie solaire etc.

Dans le modèle, la substitution entre les différentes formes d'énergie n'est pas calculée automatiquement en fonction de l'évolution du prix de chaque forme d'énergie et du coefficient d'élasticité correspondant, mais de l'analyse faite à l'occasion de la formulation des scénarios possibles de développement. Cet aspect pourrait être considéré comme une faiblesse de MAED; pourtant, il faut garder à l'esprit que dans le contexte économique actuel, caractérisé par des changements continuels des prix de l'énergie, les économistes ne disposent d'aucune technique fiable qui pourrait leur permettre de quantifier l'effet des changements de prix de l'énergie sur la demande d'énergie. En outre, les différences considérables entre les résultats fournis par de nombreuses études sur l'élasticité de la demande au prix de l'énergie ont démontré que la manière traditionnelle de concevoir l'élasticité de la demande n'est plus satisfaisante.

C'est pour ces raisons que le modèle MAED\_D ne calcule pas l'évolution de la demande d'énergie à partir de l'évolution des prix de l'énergie. Ainsi, la demande d'essence n'est pas calculée à partir d'un prix hypothétique de celle-ci, mais ce prix est pris en considération de manière implicite lors de l'écriture du scénario de développement et il sert de référence pour l'ajustement de l'évolution future des paramètres concernés, tels que le taux de motorisation (nombre de voitures/mille personnes ou nombre de personnes/voiture), la distance moyenne parcourue par voiture par an etc. Dans ce cas, MAED\_D calcule simplement la demande de carburants (essence, gas-oil etc.) comme une fonction des paramètres socio-économiques spécifiés par le scénario de développement: nombre d'automobiles, distance moyenne parcourue par voiture etc. En d'autres mots, les prix des carburants ne sont pas pris en compte explicitement; ils affectent simplement le niveau auquel le développeur du scénario situe les paramètres socio-économiques.

## **2.2 Calcul de la demande d'énergie**

Le modèle MAED\_D calcule la demande d'énergie en fonction du scénario de développement possible conçu par l'utilisateur. Ce scénario couvre deux types d'éléments de scénario (voir Figure 2.1):

- Le premier est lié au système socio-économique et décrit les caractéristiques fondamentales de l'évolution sociale et économique du pays;
- Le second est lié aux facteurs technologiques qui devraient être pris en considération dans le calcul de la demande d'énergie, par exemple le rendement de chaque forme alternative d'énergie et sa pénétration dans les marchés potentiels.

MAED\_D calcule la demande d'énergie pour chaque catégorie d'utilisation finale, sous-secteur et secteur, en agrégeant les secteurs économiques en quatre grands secteurs "consommateurs d'énergie": Industrie (incluant Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières), Transport, Services et Ménages. Dans le même temps, il fournit un cadre systématique de calcul pour évaluer l'effet sur la demande d'énergie de chaque changement de nature économique ou sociale (standard de vie de la population).

Quand plusieurs formes d'énergie (électricité, combustibles fossiles etc.) sont en concurrence pour une catégorie donnée d'utilisation finale, la demande est d'abord calculée, en termes d'énergie utile, puis convertie en énergie finale, en prenant en compte la pénétration dans le marché et le rendement de chaque source d'énergie, tous deux spécifiés comme paramètres du scénario.

Le modèle ne sépare pas la demande des différents combustibles fossiles (charbon, gaz ou pétrole), car cette distinction dépend des possibilités de substitution et des prix relatifs de ces différents combustibles, aspects non pris en compte dans le MAED. La substitution des combustibles fossiles par de "nouvelles" formes d'énergie telles que le solaire, les systèmes centralisés de production de chaleur etc., est néanmoins estimée, étant donné l'importance des changements structurels que ces formes d'énergie pourraient produire à l'avenir sur la demande d'énergie. Puisque ces substitutions seront déterminées essentiellement par des décisions politiques, elles doivent être prises en compte au moment de la formulation des scénarios de développement.

La consommation de formes d'énergie non-substituables, comme les carburants pour les véhicules, l'électricité pour ses usages spécifiques (électrolyse, éclairage etc.), est calculé directement en termes d'énergie finale.

Pour chaque catégorie d'utilisation finale, la demande d'énergie (utile ou finale) est reliée à un ensemble de facteurs socio-économiques et technologiques déterminants (paramètres macroéconomiques, quantités physiques etc.) dont l'évolution avec le temps déterminera les projections de demande d'énergie.

Six secteurs économiques sont considérés dans MAED\_D: Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières, Services (y compris Transport) et Énergie. Les secteurs Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières et Services peuvent être sous-divisés en sous-secteurs (jusqu'à dix) pour permettre le regroupement de branches économiques ayant des intensités énergétiques similaires. Le secteur Énergie quand à lui est uniquement utilisé pour décrire la formation du PIB (Produit Intérieur Brut). L'énergie utilisée dans des processus de conversion vers d'autres formes d'énergie finale, n'est pas comptabilisée par le modèle MAED. Celui-ci traite uniquement de la prévision de la demande d'énergie finale et utile.

L'évolution de la structure de formation du PIB est un des facteurs moteurs de ce modèle. La structure du PIB total par secteur, exprimée en pourcentage de la contribution de la valeur ajoutée de chaque secteur à la formation du PIB, est spécifiée directement comme paramètre des scénarios. La part de la valeur ajoutée de chaque sous-secteur dans la valeur ajoutée totale de chaque secteur économique est également spécifiée en tant qu'élément du scénario.

Comme mentionné auparavant, la demande d'énergie est calculée séparément pour quatre secteurs majeurs: Industrie, Transport, Services et Ménages. La demande d'énergie de chacun de ces secteurs est calculée d'une façon similaire: la demande de chaque catégorie d'utilisation finale d'énergie est déterminée par un ou plusieurs paramètres socio-économiques et technologiques, dont les valeurs sont données en tant qu'éléments des scénarios.

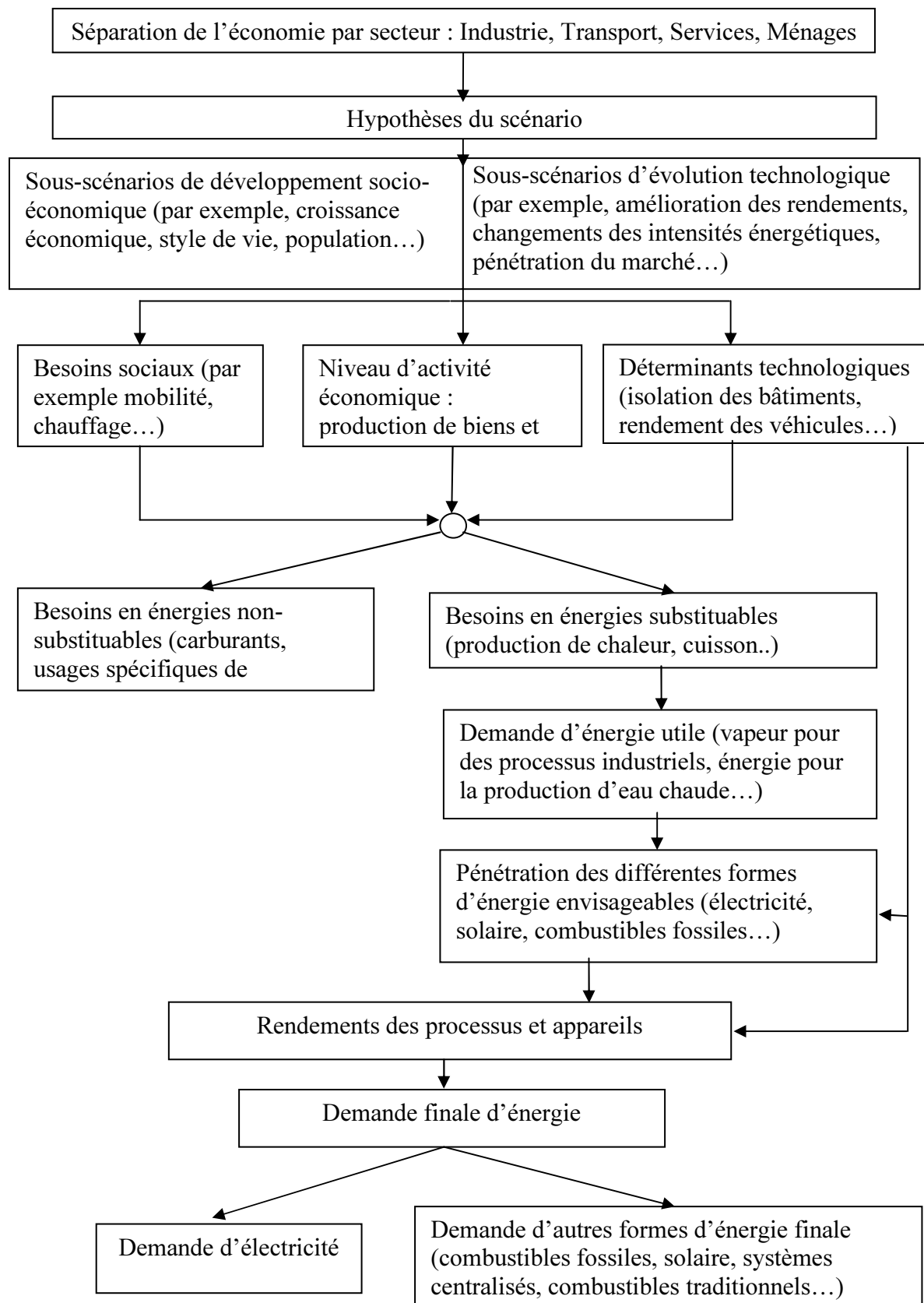


Figure 2.1 Schéma utilisé pour projeter les demandes d'énergie utile et finale dans le module 1 de MAED.



### **2.2.1 Secteur Industrie**

Ce secteur agrégé contient les secteurs économiques suivants: Agriculture, Construction, Mines, et Industries manufacturières. Chaque secteur peut être sous-divisé au maximum en dix sous-secteurs définis par l'utilisateur. Cette division optionnelle des secteurs en sous-secteurs permet une grande flexibilité dans la reproduction de la structure de l'industrie du pays considéré.

De manière générale, la demande d'énergie de chaque sous-secteur économique est déterminée par son niveau d'activité économique, évaluée par sa valeur ajoutée, et par l'intensité énergétique de chaque catégorie d'usage final de l'énergie. Le niveau d'activité économique de chaque sous-secteur est obtenu à partir des données spécifiées par l'utilisateur relatives au PIB total et à sa structure.

Pour chaque secteur, la demande d'énergie est calculée séparément pour trois catégories d'utilisation finale: l'électricité pour ses usages spécifiques (éclairage, force motrice, électrolyse etc.); les usages thermiques (chauffage et eau chaude sanitaire; production de vapeur; fours et usage direct des combustibles); et les carburants. Les quantités de coke utilisé pour la production d'acier et les quantités de matières premières nécessaires pour l'industrie chimique et pétrochimique sont calculées séparément.

Pour certains usages finaux de l'énergie, les formes d'énergie utilisées sont non-substituables (carburants et électricité pour ses usages spécifiques, par exemple). En revanche, les usages thermiques peuvent utiliser différentes formes d'énergie, en particulier différents combustibles fossiles (notamment le pétrole). Cela est d'autant plus vrai dans le secteur Industries manufacturières dont les activités sont fortement concentrées. Dans les secteurs Agriculture, Construction, et Mines, les activités sont en général décentralisées et les possibilités de substitution des combustibles fossiles relativement faibles. Cependant, dans certaines situations particulières, ces possibilités peuvent être suffisamment importantes pour nécessiter leur prise en considération, et cela est envisageable grâce au modèle MAED.

Pour pouvoir analyser la substitution des différentes formes d'énergie, la demande d'énergie thermique dans les Industries manufacturières est partagée en trois types de processus thermiques: chauffage et eau chaude sanitaire; production de vapeur; fours et usage direct de combustibles. Pour chaque sous-secteur des Industries manufacturières, le scénario doit spécifier la répartition des usages thermiques par catégorie de processus thermiques.

Les intensités énergétiques (consommation de carburants, d'électricité et d'énergie thermique par unité de valeur ajoutée) de chaque sous-secteur doivent être spécifiées en tant que paramètres des scénarios car elles sont caractéristiques de chaque pays et dépendent de l'équipement utilisé. Pour les formes d'énergie non-substituables (électricité et carburants), les intensités énergétiques sont spécifiées en termes d'énergie finale par unité de valeur ajoutée, tandis que pour les formes substituables (usages thermiques), elles sont spécifiées en termes d'énergie utile par unité de valeur ajoutée.

La demande d'énergie thermique des formes d'énergie substituables est convertie de l'énergie utile à l'énergie finale grâce à deux paramètres du scénario, la pénétration dans le marché potentiel et le rendement de chaque forme d'énergie. Pour tenir compte de l'évolution du rôle joué par les nouvelles formes d'énergie telles que l'énergie solaire, les deux paramètres, taux de pénétration du marché et rendement de l'équipement (par rapport au rendement de l'électricité pour le même type d'utilisation finale), doivent être spécifiés comme éléments du scénario.

Le Tableau 2.1 présente les activités économiques du secteur Industrie, les différentes catégories d'utilisation finale de l'énergie et les formes d'énergie considérées dans ce secteur.

Tableau 2.1. Activités, catégories d'utilisation finale de l'énergie et formes alternatives d'énergie considérées pour le secteur de l'Industrie dans MAED-D

### **I. Activités**

- Agriculture
- Construction
- Mines
- Industries Manufacturières

### **II. Usages de l'énergie**

- Usages spécifiques de l'électricité (éclairage, moteurs électriques, électrolyse etc.)
- Carburants
- Usages thermiques\* :
  - chauffage et eau chaude sanitaire
  - production de vapeur
  - fours et usages directs de combustibles
- Traitements spéciaux :
  - coke pour la production d'acier
  - matière première pour l'industrie chimique et pétrochimique

\*Note: Cette séparation s'applique uniquement aux Industries manufacturières. Dans les secteurs Agriculture, Construction et Mines, les usages thermiques sont calculés globalement au niveau de chaque secteur.

Comme on l'a expliqué précédemment, la demande de combustibles fossiles n'est pas séparée en charbon, pétrole et gaz car le modèle MAED ne prend pas en compte les problèmes d'approvisionnement associés à ces combustibles.

Tableau 2.1. (suite)

**III. Formes d'énergie envisageables par catégorie d'utilisation finale**

Formes d'énergie	Agriculture			Construction			Mines			Industries manufacturières				
	SEL	MP	TU	SEL	MP	TU	SEL	MP	TU	SEL	MP	Usages thermiques		
												S/W H	SG	F/DH
Combustibles fossiles (charbon, gaz, pétrole)			X			X			X			X	X	X
Electricité	X		X	X		X	X		X			X	X	X
Carburants		X			X						X			
Systèmes centralisés de production de chaleur														
Cogénération														
Systèmes solaires			X			X						X	X	X
Combustibles traditionnels			X			X						X	X	X
Biomasse moderne			X			X						X	X	X

*Abréviations:* SEL: usages spécifiques de l'électricité      MP: force motrice      TU: usages thermiques  
S/W/H: chauffage/eau chaude sanitaire      SG: production de vapeur      F/DH: fours/usage direct de combustibles

### 2.2.2 Secteur Transport

La demande d'énergie de ce secteur est calculée directement en termes d'énergie finale, en fonction de la demande totale de transport de passagers (passager-kilomètres) et de marchandises (tonne-kilomètres), de la structure de cette demande par modes de transport (voiture, autobus, avion, camion, train etc.), de la consommation spécifique d'énergie et des facteurs de charge de chaque mode. Pour le transport de passagers, une distinction est faite entre transport urbain et interurbain. Les types et modes de transport considérés dans ce secteur sont donnés dans le Tableau 2.2.

La demande totale de transport est calculée séparément pour les marchandises et les passagers en fonction de divers facteurs macro-économiques et du style de vie. En ce qui concerne la demande de transport de marchandises, elle est déterminée en prenant en compte la contribution à la formation du PIB (en t-km/UM<sup>1</sup>) de chaque sous-secteur de l'Agriculture, de la Construction, des Mines, des Industries manufacturières, des Services et du secteur Energie. La demande de transport de passagers est quand à elle déterminée à partir de la population totale, de la population vivant dans des grandes villes, et des distances moyennes interurbaines et urbaines parcourues par personne. Ces distances sont prises comme variables du scénario car elles dépendent du revenu personnel disponible, du coût du voyage, ou encore des habitudes d'utilisation. Le taux de motorisation et la distance moyenne parcourue par une voiture par an sont aussi des variables du scénario pour le transport interurbain de passagers.

Dans un objectif de flexibilité, comme vu précédemment pour le secteur Industrie, un nombre maximum de 15 modes de transport est autorisé pour le transport de marchandises et le transport urbain de passagers. Pour le transport interurbain de passagers, le modèle admet jusqu'à 5 types de voitures (utilisant différents types de carburants mais avec un facteur de charge unique) et au maximum 10 types de modes de transport public (utilisant différents types de carburants et ayant différents facteurs de charge). Chaque mode de transport est caractérisé par sa consommation spécifique de carburant (intensité énergétique). De plus, jusqu'à 8 carburants différents sont admis pour le secteur Transport: quatre d'entre eux sont fixés (électricité, charbon, gas-oil et essence), et les quatre autres sont laissés au choix de l'utilisateur.

Dans le futur on peut s'attendre à des améliorations non-négligeables de la consommation spécifique en carburant des différents modes de transport. L'ampleur de ces modifications peut éventuellement être déduite des tendances générales observées dans le passé.

Tableau 2.2. Types et modes de transport considérés dans MAED\_D pour le secteur Transport

Type de transport	Nombre maximum de modes de transport	Nombre maximum de carburants utilisés
Passagers (au niveau national)	15	
- Urbains		8
- Interurbains	5 types de voitures 10 modes de transport publics	8
Marchandises (au niveau national)	15	8
International, militaire et autres	1 (pour les différents types de transport)	1 (pour les différents types de transport, en général gas-oil)

<sup>1</sup> UM: unité monétaire

Les facteurs de charge par mode de transport sont en grande partie dépendants de la politique du pays dans le domaine du transport et pour cette raison ils doivent être spécifiés comme paramètres du scénario.

Par ailleurs, en plus des types de transport évoqués ci-dessus, le modèle calcule la consommation d'énergie (de carburants) du transport international et militaire, en fonction du PIB total.

### 2.2.3 Secteur Services

Les paramètres du scénario et les équations qui caractérisent la consommation d'énergie du secteur Services sont liés au niveau d'activité économique de ce secteur (valeur ajoutée des sous-secteurs et main d'œuvre du secteur).

Les catégories d'utilisations finales considérées dans le secteur Services sont le chauffage, les autres usages thermiques (essentiellement eau chaude sanitaire et cuisson), la climatisation, les usages spécifiques de l'électricité (force motrice pour petits moteurs, ordinateurs, éclairage etc.) et les carburants. Le tableau 2.3 présente les différentes catégories d'usages finaux et les formes d'énergie correspondantes pour le secteur Services.

La consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation est calculée à partir des valeurs des consommations spécifiques d'énergie pour chacun de ces usages (kWh/m<sup>2</sup>/an), tandis que les consommations d'énergie pour les autres usages thermiques, pour les usages spécifiques de l'électricité et pour les carburants sont calculées en fonction de la valeur ajoutée et de l'intensité énergétique de chaque sous-secteur du secteur Services.

Quand la demande d'un usage final donné (chauffage, autres usages thermiques, climatisation) peut être satisfaite par plusieurs formes d'énergie, celle-ci est calculée en termes d'énergie utile. La demande d'énergie finale est alors déterminée en prenant en compte la pénétration de chaque forme d'énergie et son rendement (par rapport à celui de l'électricité pour le même usage), deux paramètres spécifiés dans le scénario.

Tableau 2.3. Catégories d'utilisation finale de l'énergie et formes alternatives d'énergie retenues pour le secteur Services dans MAED\_D

Formes d'énergie	Catégories d'usage final				
	SH	OTU	AC	AP	MP
Combustibles traditionnels	X	X			
Biomasse moderne	X	X		X	
Electricité	X	X	X		
Système centralisé	X	X			
Système solaire	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>			
Combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon)	X	X	X		
Carburants (essence, gas-oil etc.)					X

(1) seulement pour les bâtiments de petite hauteur (considérés adéquats pour les installations solaires).

*Abréviations:* SH: chauffage                      OTU: autres usages thermiques (eau chaude, cuisson)  
AC: climatisation                              AP: appareils et équipements  
MP: force motrice

### 2.2.4 Secteur Ménages

La demande d'énergie des secteurs Ménages et Services est calculée de façon similaire. Cependant, ces calculs sont exécutés séparément car les paramètres du scénario et les équations qui caractérisent la consommation d'énergie de ces deux secteurs sont différents. Dans le secteur Ménages, les facteurs déterminants sont de nature démographique (population, nombre de ménages etc.), tandis que dans le secteur Services, ils sont liés au niveau d'activité économique du secteur.

Le tableau 2.4 synthétise les catégories d'usages finaux et les différentes formes d'énergie utilisées pour le secteur Ménages. Les catégories d'usages finaux sont le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la cuisson, la climatisation et les appareils électroménagers (réfrigérateur, lave-linge, éclairage, téléviseur etc.).

La demande d'énergie du secteur Ménages est calculée en considérant les conditions de vie de la population, c'est-à-dire le lieu de résidence (calculs séparés pour les régions urbaines et rurales) et le type de logement (jusqu'à 10 types de logements définis pour chacune des régions, urbaine et rurale). Cela permet une meilleure représentation des besoins réels des individus, de leur style de vie, de même qu'une définition plus adéquate des marchés potentiels des différentes formes d'énergie finale envisageables.

Quand la demande pour une catégorie donnée d'utilisation finale (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson, climatisation) peut être satisfaite par plusieurs formes d'énergie, elle est d'abord calculée en termes d'énergie utile. La demande d'énergie finale est ensuite calculée en prenant en compte deux paramètres du scénario, la pénétration de chaque forme d'énergie pour un usage final donné et son rendement (par rapport à celui de l'électricité pour le même usage).

La consommation d'énergie pour les appareils domestiques est calculée séparément pour les logements électrifiés, pour lesquels on suppose l'utilisation d'appareils électriques, et pour les logements non-électrifiés, pour lesquels on suppose l'utilisation d'appareils alternatifs utilisant des combustibles fossiles (éclairage au gaz ou au pétrole lampant, réfrigérateurs au gaz naturel etc.).

Tableau 2.4. Catégories d'usage final et formes d'énergie envisageables pour le secteur Ménages dans MAED\_D

Formes d'énergie	Catégories d'usage final				
	SH	WH	CK	AC	AP
Combustibles traditionnels	X	X	X		
Biomasse moderne	X	X	X		
Electricité	X	X	X	X	X
Systèmes centralisés	X	X			
Systèmes solaires	X	X	X		
Combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon)	X	X	X	X	X

*Abréviations:* SH: chauffage WH: eau chaude sanitaire CK: cuisson

AC: climatisation AP: appareils domestiques

### 2.3 Dimensions maximales du logiciel MAED\_D

Les dimensions maximales du logiciel MAED\_D ont déjà été mentionnées dans les sections précédentes à l'occasion de la description des méthodes de calcul de la demande d'énergie de chaque secteur du modèle. Le tableau 2.5 synthétise ces informations pour l'ensemble du logiciel.

Tableau 2.5. Dimensions maximales du logiciel MAED\_D

<b>Paramètres</b>	<b>Maximum permis</b>
Années de référence	15
Sous-secteurs des secteurs Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières et Services	10
Modes de transport de marchandises	15
Types de voitures pour le transport interurbain de passagers	5
Modes publics de transport interurbain de passagers	10
Modes de transport urbain de passagers	15
Carburants utilisés dans le secteur Transport	8
dont: - carburants prédéterminés: électricité, charbon, gas-oil et essence	4
- carburants spécifiés par l'utilisateur	4
Types de logements urbains	10
Types de logements ruraux	10

### 3 EXECUTION DU MODULE 1 DU MODELE MAED

#### 3.1 Introduction

Le modèle MAED est un fichier de type Microsoft Excel. Il peut donc facilement être installé sur un ordinateur personnel (PC) fonctionnant sous Windows 95, 98, 2000 ou XP en transférant les fichiers MAED\_D et MAED\_EL d'un CD-ROM ou d'une disquette à un répertoire (p.ex. c:/programs/maed) sur l'ordinateur de l'utilisateur. Comme on l'a déjà mentionné précédemment, MAED\_D (Module 1) est destiné au calcul et à la projection de la demande finale d'énergie, tandis que MAED\_EL (Module 2) est conçu pour déterminer la demande de puissance électrique horaire et calculer les monotonnes de charge pour des périodes spécifiées de l'année. Ce chapitre présente une description générale des feuilles de calcul du classeur Excel MAED\_D et décrit l'exécution du Module 1 (MAED\_D). Les aspects correspondants au Module 2 sont présentés dans le Chapitre 7.

Tableau 3.1. Liste des feuilles de calcul du classeur MS Excel MAED\_D

Feuille de calcul no.	Nom de la feuille de calcul	Contenu de la feuille de calcul
I	MAED-WS	Titre du classeur
Ii	Notes	Codes des couleurs
Iii	Descr	Description de l'étude et du scénario
Iv	TOC	Table des matières
V	Defs	Définition du système d'énergie
vi	Demogr-D	Données démographiques
vii	GDP-D	Formation du PIB
viii	EnInt-D	Intensités énergétiques pour le secteur de l'Industrie (Agriculture, Construction, Mines, et Industries manufacturières)
ix	UsEne-D	Calcul de la demande d'énergie utile du secteur Industrie (Agriculture, Construction, Mines, et Industries manufacturières)
x	ACMFac-D	Pénétrations et rendements de l'énergie thermique dans les secteurs Agriculture, Construction, et Mines
xi	FIN_ACM	Calcul de la demande d'énergie finale des secteurs Agriculture, Construction, et Mines
xii	ManFac1-D	Demande d'énergie thermique utile par usage final dans le secteur Industries manufacturières
xiii	ManFac2-D	Pénétrations et rendements de l'énergie thermique dans le secteur Industries manufacturières
xiv	FIN_Ind-D	Calcul de la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières
xv	FrTrp-D	Calcul de la demande d'énergie finale du sous-secteur Transport de marchandises
xvi	PassIntra-D	Calcul de la demande d'énergie finale du sous-secteur Transport urbain de passagers

Suite



Tableau 3.1. Liste des feuilles de calcul du classeur MS Excel MAED\_D (suite)

xvii	PassInter-D	Calcul de la demande d'énergie finale du sous-secteur Transport interurbain de passagers
xviii	Fin_Trp-D	Calcul de la demande d'énergie finale du secteur Transport
xix	US_HH_Ur-D	Calcul de la demande d'énergie utile du sous-secteur Ménages urbains
xx	US_HH_Rr-D	Calcul de la demande d'énergie utile du sous-secteur Ménages ruraux
xxi	FIN_HH-D	Calcul de la demande d'énergie finale du secteur Ménages
xxii	US_SS-D	Calcul de la demande d'énergie utile du secteur Services
xxiii	SS_Fac-D	Pénétrations et rendements du secteur Services
xxiv	FIN_SS-D	Calcul de la demande d'énergie finale du secteur Services
xxv	Final-D	Demande totale d'énergie finale par forme d'énergie et par secteur (unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur en cellule E50)
xxvi	Final Results (User Units)	Demande totale d'énergie finale par forme d'énergie et par secteur (unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur en cellule L50)
xxvii	Conv	Tableau contenant les facteurs de conversion d'une unité d'énergie à une autre

### 3.2 Description des feuilles de calcul Excel du module 1 de MAED

Le fichier MS Excel MAED\_D est composé de 27 feuilles de calcul (voir Tableau 3.1), dont 22 servent à entrer les données et/ou faire les calculs du modèle, tandis que les 5 autres fournissent des informations générales (telles que description de l'étude et du scénario ou code des couleurs et facteurs de conversion utilisés dans le modèle). Le modèle contient également des sous-routines Microsoft Visual Basic qui sont utilisées dans l'environnement Microsoft Excel pour engendrer automatiquement les équations et les tableaux du modèle. Les pages suivantes du manuel présentent une courte description des différentes feuilles de calcul de MAED\_D.

#### (a) Feuille de calcul "MAED-WS"

Cette feuille de calcul apparaît à l'ouverture du fichier MAED\_D.xls et contient le nom du module MAED\_D (Figure 3.1).

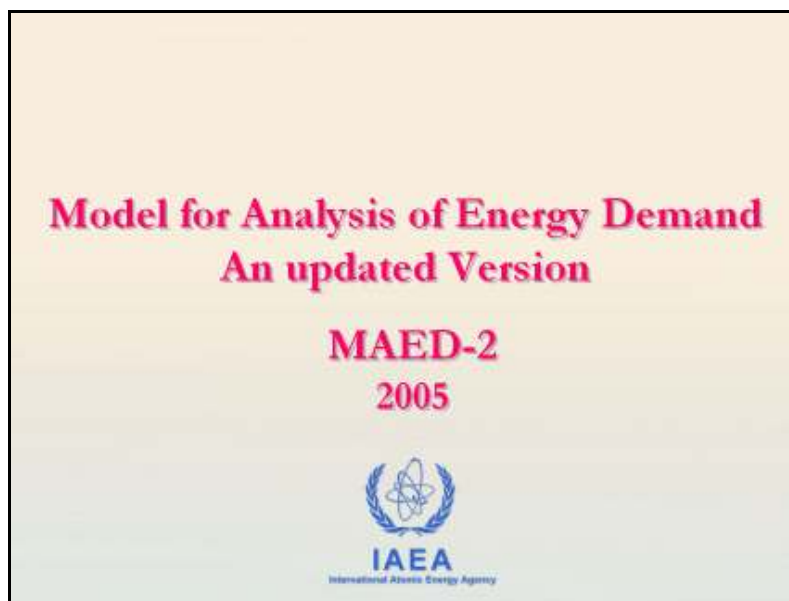


Figure 3.1. Feuille de calcul "MAED-WS".

### (b) Feuille de calcul “Notes”

La feuille de calcul “Notes” (figure 3.2) présente le code des couleurs utilisé dans le modèle pour distinguer le contenu des différentes cellules: celles où l'utilisateur peut entrer/modifier les données du modèle et celles qui sont verrouillées (à ne pas modifier):

- Bleu clair et bleu: noms (colonne A de chaque feuille de calcul) et unités (colonne B de chaque feuille de calcul) des variables du modèle et années de référence pour lesquelles le modèle calcule la demande d'énergie. Ces cellules sont verrouillées (les années de référence peuvent être modifiées uniquement dans la feuille de calcul “Defs”).
- Orange et beige: données calculées. Ces cellules sont verrouillées.
- Blanc: données d'entrée. Ce sont les seules cellules où l'utilisateur peut entrer ou modifier les données d'entrée du modèle.
- Rouge: valeur invalide, cellule verrouillée.
- Mauve: erreur, cellule verrouillée.
- Noir: cellule inutilisée dans la feuille de calcul “Defs”.

The image shows a screenshot of a spreadsheet titled "Notes:" with a "TOC" button in the top right. Below the title is a section titled "Code des couleurs:" which lists various cell colors and their corresponding meanings and lock status. The legend includes: light blue for "Définition verrouillée", dark blue for "Définition verrouillée", yellow for "Valeur calculée verrouillée", orange for "Valeur calculée verrouillée", white for "Donnée d'entrée demandée pour les années >= 2000", red for "Valeur non valide verrouillée", dark red for "Erreur verrouillée", and dark green for "Non utilisée". Below this is a section titled "Valeurs numériques:" which explains that white cells can be modified while orange cells are calculated by the model and cannot be modified.

Couleur	Description	Statut
Bleu clair	Définition	verrouillée
Bleu	Définition	verrouillée
Jaune	Valeur calculée	verrouillée
Orange	Valeur calculée	verrouillée
Blanc	Donnée d'entrée	demandée pour les années >= 2000
Rouge	Valeur non valide	verrouillée
Mauve	Erreur	verrouillée
Noir	Non utilisée	

**Valeurs numériques:**  
Les données contenues dans les cellules blanches peuvent être modifiées dans les feuilles de calcul de type (...-D)  
En revanche, les cellules de couleur orange contiennent des valeurs calculées par le modèle et ne peuvent donc pas être modifiées.

Figure 3.2. Feuille de calcul "Notes" de MAED\_D

### (c) Feuille de calcul “Descr”

Cette feuille de calcul (voir figure 3.3) est la première page de l'ensemble des tableaux de résultats du modèle, pour un scénario donné. Elle est nécessaire car les autres feuilles de calcul MAED\_D n'identifient pas le scénario étudié. L'utilisateur peut y inclure le nom, la description et les auteurs de l'étude, de même que le nom, la description et la date d'un scénario particulier.

### (d) Feuille de calcul “TOC”

Cette feuille de calcul (voir figure 3.4) contient la table des matières du classeur MAED\_D. En cliquant sur les différents boutons disponibles, l'utilisateur peut accéder à la feuille de calcul correspondante.

Toutes les autres feuilles de calcul de MAED\_D ont un bouton “TOC” (Table of contents); en cliquant sur ce bouton on peut revenir directement à la feuille de calcul “TOC”.

<b>Description du Projet/Scénario:</b>	
Nom du Projet:	Démonstration du modèle MAED
Brève description du Projet:	
Auteur(s):	Agence Internationale de l'Energie Atomique Département de l'Energie Nucléaire Section de la Planification et des Etudes Economiques
Nom du Scénario:	Cas de démonstration du modèle MAED_D
Numéro du Scénario:	
Brève description du Scénario:	Les données utilisées dans ce cas de démonstration correspondent à un scénario hypothétique pour un pays hypothétique. Elles sont uniquement données à des fins illustratives et doivent être remplacées par l'utilisateur du modèle par les données spécifiques au pays étudié et au scénario analysé.
Date:	Décembre 2006

Figure 3.3. Feuille de calcul "Descr" de MAED\_D.

Contenu:		Feuilles de calcul	Table nr.
1	Notes		
2	Description		
3	Définitions		
4	Démographie		1
5	Formation du PIB		2
6	Intensités énergétiques du secteur Industrie		3
7	Demande d'énergie utile du secteur Industrie		4
8	Facteurs relatifs aux secteurs Agriculture, Construction et Mines		5
9	Demande d'énergie finale des secteurs Agriculture, Construction et Mines		6
10	Facteurs relatifs aux usages thermiques du secteur Ind. manufacturières		7
11	Facteurs relatifs au secteur Industries manufacturières		8
12	Demande d'énergie finale du secteur Industrie		9
13	Transport de marchandises		10
14	Transport urbain de passagers		11
15	Transport interurbain de passagers		12
16	Demande d'énergie finale du secteur Transport		13
17	Demande d'énergie utile du sous-secteur Ménages urbains		14
18	Demande d'énergie utile du sous-secteur Ménages ruraux		15
19	Demande d'énergie finale du secteur Ménages		16
20	Demande d'énergie utile du secteur Services		17
21	Facteurs relatifs au secteur Services		18
22	Demande d'énergie finale du secteur Services		19
23	Demande totale d'énergie finale		20
24	Demande totale d'énergie finale (unité spécifiée par l'utilisateur)		21
25	Facteurs de conversion		

Figure 3.4. Feuille de calcul "TOC" de MAED\_D.

### (e) Feuille de calcul "Defs"

Dans cette feuille de calcul (voir figure 3.8), on définit le système énergétique étudié et l'horizon de l'étude, à savoir:

- Nombre et liste des années de référence de l'étude;
- Année de base (une des années de référence);
- Nombre et noms des sous-secteurs des secteurs Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières, et Services;
- Nombre de modes de transport des trois sous-secteurs du secteur Transport: Transport de marchandises, Transport urbain de passagers, et Transport interurbain de passagers;

- Nom et code numérique des formes d'énergie utilisées dans le secteur Transport;
- Nom et forme d'énergie utilisée pour chaque mode de transport;
- Unités dans lesquelles sont exprimées les intensités énergétiques pour chaque forme d'énergie utilisée dans le secteur Transport (par exemple litres d'essence) et leurs facteurs de conversion en kWh;
- Nombre de types, et types de logement des zones urbaines et rurales;
- Unité monétaire (UM) choisie pour l'étude et unités de toutes les autres variables du modèle.

Une description détaillée de cette feuille de calcul sera faite dans les pages suivantes.

#### (f) Feuilles de calcul pour entrer les données et calculer les résultats du modèle

Les 21 feuilles de calcul qui apparaissent avec les n° vi à xxvi dans le Tableau 3.1, permettent d'entrer les données, de faire les calculs et de présenter les résultats du modèle. Chaque feuille de calcul consiste en un ou plusieurs tableaux. Un tableau typique de la feuille de calcul "US\_SS-D" est représenté en Figure 3.5. Pour l'ensemble des tableaux, la première colonne contient en général une courte description de chaque variable d'entrée ou de chaque variable dérivée du modèle, tandis que la deuxième colonne indique l'unité de mesure correspondante. Les colonnes suivantes servent à entrer/modifier les données correspondantes aux différentes années de référence ou à enregistrer les résultats des calculs effectués par le modèle. Conformément au contenu de la feuille de calcul "Notes" (voir Figure 3.2), les cellules contenant la description des variables (colonne A), les unités de mesure (colonne B) et les années de référence de l'étude sont colorées en bleu et sont verrouillées; celles qui contiennent des données d'entrée sont colorées en blanc; et celles qui contiennent les valeurs calculées des variables dérivées du modèle sont colorées en orange et sont verrouillées. Pour plus de détails sur la définition ou le rôle d'une variable particulière, se reporter au Chapitre 4 (Tableaux 4.1 et 4.2) et au Chapitre 5 de ce manuel.

Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Part d'employés du secteur Services	[%]	45.000	46.000	47.000	48.000	49.000	50.000
Surface par employé	[m <sup>2</sup> /prsn]	8.000	8.400	8.800	9.200	9.600	10.000
Employés du secteur Services	[mill prsn]	1.689	2.059	2.536	3.139	3.888	4.800
Surface du secteur Services	[mill m <sup>2</sup> ]	13.512	17.300	22.320	28.878	37.320	48.001

Figure 3.5. Tableau typique d'une feuille de calcul de MAED\_D

Les valeurs qui apparaissent dans les Tableaux 1 à 21, correspondent aux 21 feuilles de calcul du classeur MAED\_D, et sont extraites d'un scénario hypothétique ("Demonstration Case") pour un pays hypothétique. Ces données ont seulement un rôle d'illustration et ne doivent pas être considérées comme valeurs de référence.

Chaque feuille de calcul a un bouton avec le nom "TOC" en haut à droite. En cliquant sur ce bouton on accède à la feuille de calcul "TOC" (Table des matières). De la même façon, on peut revenir à la feuille de calcul d'origine en cliquant sur le bouton portant son nom dans la feuille de calcul "TOC".

### (g) Feuille de calcul “ConvS”

Cette feuille de calcul fournit un ensemble de facteurs de conversion des unités d’énergie les plus usuelles, p.ex. de tonne équivalent pétrole (“tep“, correspondant à l’anglais tonne of oil equivalent – “toe“) au kWh ou vice-versa. La Figure 3.6 représente une partie de cette feuille de calcul.

Facteurs de conversion:		nom: = MJ_CFG								
à -->	exemple: 1MJ	9.48E-01 CFG								
de	CFG	MJ	TCE	cub m	btu	toe	boe	kWh	kwyr	kcal
CFG	1	1.055	3.59975E-05	0.0283168	1000	2.52E-05	0.0001847	0.2930556	3.345E-05	251.9824209
MJ	0.947867299	1	3.41208E-05	0.0268406	947.8673	2.388E-05	0.0001751	0.2777778	3.171E-05	238.8458966
TCE	27779.71564	29307.6	1	786.63395	27779716	0.7	5.131	8141	0.9293379	7000000
cubm	35.31466672	37.2569734	0.001271239	1	35314.667	0.0008899	0.0065227	10.349159	0.0011814	8898.675215
btu	0.001	0.001055	3.59975E-08	2.832E-05	1	2.52E-08	1.847E-07	0.0002931	3.345E-08	0.251982421
toe	39685.30806	41868	1.428571429	1123.7628	39685308	1	7.33	11630	1.3276256	10000000
boe	5414.093869	5711.86903	0.194893783	153.31007	5414093.9	0.1364256	1	1586.6303	0.1811222	1364256.48
kWh	3.412322275	3.6	0.000122835	0.0966262	3412.3223	8.598E-05	0.0006303	1	0.0001142	859.8452279
kwyr	29891.94313	31536	1.076034885	846.44557	29891943	0.7532244	5.521135	8760	1	7532244.196
kcal	0.003968531	0.0041868	1.42857E-07	0.0001124	3.9685308	0.0000001	7.33E-07	0.001163	1.328E-07	1

Figure 3.6. Représentation d’une partie de la feuille de calcul “ConvS”.

### 3.3 Exécution du module MAED\_D

L’exécution du module MAED\_D s’effectue en plusieurs étapes:

- (i) Préparation des données nécessaires pour chaque année de référence choisie. Les années de référence du modèle peuvent être (a) des années historiques passées, incluant quelques années récentes ou (b) une année de base plus un nombre d’années futures pour lesquelles on désire projeter la demande d’énergie ou (c) une combinaison des deux premières possibilités.
- (ii) Entrée des données dans les différentes feuilles de calcul du module.
- (iii) Vérification des résultats du modèle, c’est-à-dire des valeurs des différentes variables dérivées dans chacune des feuilles de calcul de MAED\_D et en particulier des informations détaillées rassemblées dans les feuilles de calcul “Final-D” et “Final Results (User Unit)”.
- (iv) Exécution du module après avoir amélioré les données d’entrée, autant de fois que cela s’avère nécessaire.

L’option (a) de l’étape (i), qui implique l’utilisation du module MAED\_D pour reproduire l’évolution historique de la demande d’énergie pendant une certaine période, a pour objectif la validation des données d’entrée et la calibration du modèle. Néanmoins, cette option n’est pas toujours envisageable du fait de difficultés rencontrées dans la collecte des données historiques et de contraintes de temps. La méthode alternative généralement utilisée dans cette phase de validation est de reproduire au plus près la structure de consommation d’énergie de l’année de base à l’aide du logiciel MAED\_D et conformément au niveau de détail de l’information disponible. On réalise cela en ajustant de manière adéquate les valeurs des variables d’entrée du modèle pour lesquelles on ne dispose pas d’information précise.

Il faut préciser ici que l’année de base doit satisfaire certaines conditions: (a) être la plus proche possible de l’année au cours de laquelle on effectue l’étude; (b) être une année normale (c’est à dire sans modification abrupte du mode d’utilisation de l’énergie ou de la croissance économique, suite à une catastrophe naturelle par exemple); et (c) la disponibilité des données pour cette année ne doit pas poser problème en comparaison avec les années voisines. En résumé, l’année de base doit être l’année "normale" la plus récente pour laquelle les données sur la population, l’économie et l’énergie sont disponibles. L’utilisateur du

modèle doit prêter une grande attention au choix de cette année de base car elle a un rôle crucial dans l'étude si on tient compte du fait que la demande future d'énergie est calculée par le modèle à partir de la structure de consommation d'énergie établie pour cette année et des changements des paramètres du scénario d'une année à l'autre.

### 3.3.1 Quelques considérations préliminaires

Avant de procéder à l'analyse d'un nouveau scénario, l'utilisateur doit copier le fichier originel MAED\_D dans un nouveau répertoire et continuer le travail relatif à ce scénario uniquement sur cette copie.

Il doit également fixer le niveau de sécurité du logiciel Excel en suivant la procédure suivante (Tools/Macro/Security/Security Level/Medium)<sup>2</sup>. A l'ouverture du fichier MAED\_D, une boîte de dialogue apparaît sur l'écran (voir Figure 3.7), demandant à l'utilisateur si les macros Microsoft Visual Basic de MAED\_D doivent être désactivées ou non. Ces macros étant nécessaires au bon fonctionnement du logiciel, l'utilisateur doit cliquer sur le bouton "**Activer les macros**".



Figure 3.7. Boîte de dialogue relative à l'activation des macros MAED\_D.

Le logiciel MAED\_D réalise diverses vérifications internes de la compatibilité des données d'entrée avec les spécifications du modèle. Ainsi, si l'utilisateur essaye de dépasser les dimensions maximales du modèle, un message d'avertissement apparaîtra sur l'écran du moniteur. Si la valeur d'une variable amont n'est pas appropriée (par exemple, un pourcentage en dehors de l'intervalle 0-100), la cellule correspondant à la variable dérivée sera colorée en rouge (ce qui signifie une erreur conformément au code de couleur du modèle). En dehors de ces avertissements, l'utilisateur doit faire attention à la cohérence générale des données et des résultats du modèle.

### 3.3.2 Entrée des données et vérification progressive des résultats du modèle

MAED\_D possède environ 250 paramètres d'entrée dont les noms, les définitions et les unités sont présentées dans le Tableau 4.1. L'utilisateur doit collecter et compiler les données d'entrée correspondant à tous ces paramètres, pour chaque année de référence choisie, et les entrer dans la feuille de calcul appropriée de MAED\_D. Néanmoins, avant cela, il doit décrire

---

<sup>2</sup> Pour un niveau de sécurité bas, l'ordinateur n'est pas protégé contre les macros potentiellement infectées par un virus, tandis que pour un niveau de sécurité haut les macros de MAED\_D risquent d'être désactivées automatiquement.

le scénario dans la feuille de calcul "Descr" et ajuster le modèle à la structure de l'économie et de la consommation d'énergie et d'électricité du pays ou de la région concerné(e) dans la feuille de calcul "Defis".

### 3.3.3 Feuille de calcul "Defis"

Comme on l'a déjà mentionné dans la section 3.2(e), cette feuille de calcul contient plusieurs cellules, qui peuvent être modifiées par l'utilisateur pour définir l'environnement spécifique d'une étude particulière. Les cellules blanches sont à la disposition de l'utilisateur pour entrer/modifier les données (Figure 3.8).

Dans cette feuille de calcul, on spécifie les données d'entrée suivantes:

Années de référence de l'étude:

- Nombre d'années de référence (cellule B6)
- Séquence des années de référence pour lesquelles le modèle projetera la demande d'énergie (cellules B8 à P8)
- Année de base (une des années de référence), cellule B7. L'année de base doit être l'année "normale" la plus récente pour laquelle les données relatives à la population, à l'économie et à l'énergie sont disponibles.

Parmi les années de référence, on doit avoir au minimum une année passée (appelée "année de base") et plusieurs années futures pour lesquelles on réalisera nos projections de demande d'énergie. Il est préférable d'inclure plus d'une année passée; dans ce cas l'année passée la plus récente sera considérée comme l'année de base. Les années passées sont représentées en gris dans le logiciel.

La version de démonstration du logiciel a 6 années de référence et 2000, la première année de référence, est prise comme année de base (dans ce cas, on a une seule année passée). Dans la ligne 8, le logiciel montre 5 cellules blanches, destinées aux années de projection de la demande d'énergie. Pour ajouter deux autres années passées, l'utilisateur doit augmenter le nombre d'années de référence dans les cellules B6 à B8. Si 2002 est l'année historique la plus récente, l'utilisateur doit entrer 2002 comme année de base dans la cellule B7 et entrer la liste des années de référence, en commençant par 2000, dans les cellules B8 à P8.

Structure des secteurs économiques:

- Nombre de sous-secteurs du secteur Agriculture (cellule B19)
- Noms des sous-secteurs du secteur Agriculture (cellules B20 à B29)
- Nombre de sous-secteurs du secteur Construction (cellule C19)
- Noms des sous-secteurs du secteur Construction (cellules C20 à C29)
- Nombre de sous-secteurs du secteur Mines (cellule D19)
- Noms des sous-secteurs du secteur Mines (cellules D20 à D29)
- Nombre de sous-secteurs du secteur Industries manufacturières (cellule E19)
- Noms des sous-secteurs du secteur Industries manufacturières (cellules E20 à E29)
- Nombre de sous-secteurs du secteur Services (cellule F19)
- Noms des sous-secteurs du secteur Services (cellules F20 à F29)

Le secteur Energie n'est pas partagé en sous-secteurs. Il est seulement utilisé pour décrire la formation du PIB. La demande d'énergie correspondant au secteur Energie est due aux

processus de conversion d'une forme d'énergie à une autre, par exemple dans l'industrie de raffinage du pétrole brut. Cette demande représentant les pertes d'énergie des processus de conversion, le modèle MAED ne les prend pas en considération dans la projection de la demande d'énergie finale et utile.

Pour les autres secteurs l'utilisateur peut changer le nombre de sous-secteurs et définir leurs noms dans les cellules appropriées.

Structure du secteur Transport:

- Nombre de modes de transport de marchandises (cellule J17)
- Noms des modes de transport de marchandises (cellules I19 à I33)
- Codes correspondant aux formes d'énergie utilisées pour le transport de marchandises (cellules J19 à J33)
- Nombre de modes de transport interurbain de passagers (cellule L17)
- Noms des modes de transport interurbain de passagers: avion, en tant que mode de transport public (cellule K19), 5 types de modes de transport privés (cellules K20 à K24) et 9 autres types de modes de transport publics (cellules K25 à K33)
- Codes correspondant aux formes d'énergie utilisées pour le transport interurbain de passagers (cellules L19 à L33)
- Nombre de modes de transport urbain de passagers (cellule N17)
- Noms des modes de transport urbain de passagers (cellules M19 à M33)
- Codes correspondant aux formes d'énergie utilisées pour le transport urbain de passagers (cellules N19 à N33)

Pour les sous-secteurs Transport de marchandises et Transport urbain de passagers, l'utilisateur peut changer le nombre de modes de transport et définir le nom et la forme d'énergie utilisée pour chaque mode dans les cellules indiquées ci-dessus.

Pour le sous-secteur Transport interurbain de passagers, le modèle différencie les modes de transport privés (voitures) et publics. La première cellule correspond au premier mode public prédéfini (l'avion), les cinq cellules suivantes sont réservées à la définition des modes privés (voitures). Ces cellules sont initialement vertes. Le logiciel suppose qu'il y a au moins un mode privé de transport de passagers (correspondant à un type de voiture) dont le nom sera défini dans la cellule K20 et le code relatif à l'énergie utilisée dans la cellule L20. Quand l'utilisateur entre un nombre de modes de transport supérieur à 2 dans la cellule L17, le logiciel saute les cellules vertes des modes de transport privés n° 2 à 5 pour aller directement à la première des cellules réservées à la définition des modes publics de transport. Néanmoins, s'il y a plus d'un mode privé, l'utilisateur doit d'abord entrer le code relatif à l'énergie utilisé pour chaque mode dans les premières cellules vertes puis leurs noms dans les cellules adjacentes gauches. Pour effacer un mode de transport privé, l'utilisateur doit taper "0" pour le code correspondant à l'énergie utilisée. Le nom du mode s'efface alors automatiquement et la cellule devient noire. Par la suite, l'utilisateur peut soit continuer à entrer des modes privés, soit augmenter le nombre total de mode de transport dans la cellule L17. L'augmentation du nombre total de mode de transport fera de la place pour de nouveaux modes publics.

Formes d'énergie utilisées par l'ensemble du secteur Transport:

- Noms des formes d'énergie (cellules J38 à J45); les quatre premières formes (électricité, charbon, gas-oil et essence) sont fixées; l'utilisateur peut ajouter jusqu'à quatre nouvelles formes d'énergie.



- Unités naturelles des intensités énergétiques des formes d'énergie utilisées pour le transport de marchandises (cellules L38 à L45). Par exemple, kilogramme équivalent charbon (kgec, ou en anglais: kilogram of coal equivalent - kgce) pour le charbon, ou litre pour le gas-oil, l'essence, le carburéacteur, l'alcool etc.
- Facteurs de conversion des unités naturelles (kgec, litre etc.) au kWh, quand cette forme d'énergie est utilisée pour le transport de marchandises (cellules M38:M45).
- Unités naturelles des intensités énergétiques des formes d'énergie utilisées pour le transport de passagers (cellules N38 à N45).
- Facteurs de conversions des unités naturelles (kgec, litre etc.) au kWh, quand cette forme d'énergie est utilisée pour le transport de passagers (cellules O38 à O45).

L'utilisateur peut uniquement modifier l'unité naturelle correspondant à l'énergie utilisée au numérateur et non celle utilisée pour l'intensité énergétique au dénominateur (100 t-km pour le transport de marchandises, 100 km et 1000 sièges-km pour le transport interurbain de passagers), car ces grandeurs sont incorporées dans les équations du modèle. Le facteur de conversion de l'unité naturelle (kgec, litre etc.) au kWh doit lui aussi être modifié si nécessaire.

Dans le cas de démonstration ("Demonstration case"), les facteurs de conversion sont calculés à partir d'équations utilisant les valeurs du pouvoir calorifique (kcal/kg) et de la densité (kg/litre) des différents carburants (voir feuille de calcul "Convs"). L'utilisateur peut modifier le contenu des cellules de la feuille de calcul "Convs" en fonction des caractéristiques des carburants utilisés dans le pays étudié et conserver les mêmes équations ou entrer les facteurs de conversion adéquats directement dans la feuille de calcul "Defs".

Structure du secteur Ménages:

- Nombre de types de logements urbains (cellule B35)
- Noms des types de logements urbains (cellules B37 à B46)
- Nombre de types de logements ruraux (cellule D35)
- Noms des types de logements ruraux (cellules D37 à D46)

L'utilisateur peut modifier le nombre de types de logements urbains/ruraux et définir leurs noms dans les cellules appropriées.

Unités des variables du modèle et facteurs de conversion:

- Nom de l'unité monétaire choisie pour l'étude (US\$, EUR, monnaie locale etc.) dans la cellule A50.
- Unité choisie pour le PIB (cellule B50); unité par défaut: milliard ( $10^9$ ) de US\$.
- Unité choisie pour le nombre d'habitants et de logements (cellule C50); unité par défaut: million ( $10^6$ ).
- Unité d'énergie (spécifiée en cellule E50 ; unité par défaut: GigaWatt-an - GWa (ou GigaWatt-yr en anglais)) dans laquelle seront affichés les résultats de demande d'énergie dans les Tableaux 4, 6÷7, 9÷17, 19÷20 de MAED\_D. L'unité d'énergie des calculs internes du modèle étant le TWh, l'utilisateur doit également indiquer le facteur de conversion du TWh à cette unité dans la cellule N50 sous forme numérique ou en utilisant une équation contenant le facteur de conversion approprié pris dans la feuille de calcul "Convs".

- Unité d'énergie laissée au choix de l'utilisateur (cellule L50) dans laquelle seront affichés les résultats de la demande d'énergie dans la feuille de calcul "Final results (User unit)". L'utilisateur peut par ailleurs demander l'affichage des résultats finaux de la feuille de calcul "Final results (User unit)" dans une deuxième unité d'énergie. Le facteur de conversion de la première unité d'énergie (cellule E50) à la deuxième unité d'énergie (cellule L50) doit être spécifié dans la cellule M50 sous forme numérique ou en utilisant une équation contenant le facteur de conversion approprié de la feuille de calcul "Convsv".

La ligne 50 de la feuille de calcul "Defs" contient également d'autres unités applicables aux différentes variables du modèle. Celles-ci seront affichées dans la colonne B de l'ensemble des Tableaux 1 à 20.

Les conversions des différentes unités doivent être faites avec précaution car certains facteurs de conversion sont déjà incorporés dans les équations du modèle. En voici quelques exemples:

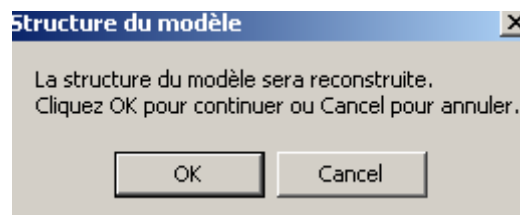
- Le rapport entre les valeurs du PIB (ordre de grandeur par défaut: billion ( $10^9$ )) et la valeur de la population (ordre de grandeur par défaut: million ( $10^6$ )) doit être égal à 1000.
- Les intensités énergétiques du transport de marchandises (cellules L38 à L45) sont toutes exprimées dans une unité d'énergie (litre, kgec etc) par 100 t-km. L'utilisateur peut modifier l'unité d'énergie (numérateur) et le facteur de conversion de cette nouvelle unité au kWh (cellules M38 à M45) mais pas l'unité du dénominateur (100 t-km).
- Les intensités énergétiques pour le transport de passagers sont en général exprimées dans une unité d'énergie (litre, kgec etc) par 100 km, sauf pour les avions pour lesquels l'intensité énergétique est exprimée dans une unité par 1000 sièges-km. L'utilisateur peut à nouveau changer l'unité d'énergie (numérateur) et le facteur de conversion de cette nouvelle unité au kWh (cellules O38 à O45) mais pas l'unité du dénominateur (100 km et 1000 siège-km).

En haut de la feuille de calcul "Defs" (Figure 3.8), on peut trouver trois boutons possédant les fonctions suivantes:

- bouton "**Construire la structure du modèle**": reconstruction automatique de la structure du modèle après modification de certaines données dans la feuille de calcul "Defs": nombre d'années de référence; nombre de sous-secteurs des secteurs Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières ou Services; nombre de modes de transport ou de formes d'énergie utilisées dans le secteur Transport; nombre de types de logements urbains ou ruraux.
- bouton "**Ajuster la largeur des colonnes**": ajustement automatique de la largeur des colonnes en fonction de la taille nécessaire pour chaque colonne;
- bouton "**Effacer les données d'entrée**": effacement de toutes les données d'entrée du cas étudié.



Après chaque modification d'une donnée d'entrée dans la feuille de calcul "Defs", l'utilisateur doit cliquer sur le bouton "**Reconstruire la structure du modèle**". Le logiciel affichera le message suivant:



Cliquer sur le bouton **Cancel** entraîne le retour à la feuille de calcul "Defs" sans modification de la structure du modèle.

Cliquer sur le bouton **OK**, en revanche, entraîne de nombreuses modifications. Tous les tableaux des feuilles de calcul affectées par le changement des données d'entrée sont reconstruits et les équations correspondantes sont recalculées avec les nouvelles valeurs des paramètres modifiés (nombre d'années de référence, nombre de sous-secteurs économiques, de modes de transport ou de types de logements).

Certaines modifications affecteront seulement quelques secteurs et paramètres du modèle; d'autres toucheront la plupart des secteurs. L'utilisateur peut donc souhaiter (a) garder la plupart des anciennes données encore valides, correspondant aux paramètres et secteurs non affectés par le changement ou (b) effacer toutes les anciennes données des secteurs/sous-secteurs modifiés et garder un volume minimum d'anciennes données pour les paramètres non-affectés des secteurs/sous-secteurs non-modifiés. Pour faire cela il/elle devra répondre par **Yes** ou **No** au message suivant:



Pour **Yes**, les anciennes données encore valides seront conservées de manière sélective selon les règles mentionnées dans le Tableau 3.2. Pour **No**, toutes les anciennes données des secteurs/sous-secteurs modifiés seront effacées.

Finalement, les tableaux Excel de MAED\_D sont tous reconfigurés automatiquement et la demande d'énergie est recalculée pour la dernière version des données d'entrée.

Si pour certaines données d'entrée ou résultats, la largeur des colonnes est trop étroite et le logiciel affiche le symbole #####, l'utilisateur peut cliquer sur le bouton "**Ajuster la largeur des colonnes**" pour élargir les colonnes et voir les valeurs des cellules correspondantes.

Le bouton "**Effacer les données d'entrée**" peut être utilisé pour effacer toutes les données d'entrée d'un cas existant.

Les données de la feuille de calcul "Defs" sont vérifiées et le logiciel affiche des messages d'avertissement ou d'erreur si certaines données dépassent les dimensions maximales ou si elles ne respectent pas les contraintes du modèle.

Tableau 3.2. Option "Garder les données valables de l'ancienne structure" quand le système économique/énergétique change dans MAED\_D.

No.	Modifications des données	Actions réalisées par le logiciel MAED_D dans chacun des cas:	
		Effacer	Garder
1	Modification du nombre de sous-secteurs du secteur AGR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VA par sous-secteur de AGR (Tableau 2)</li> <li>- IE par sous-secteur de AGR (Tableau 3)</li> <li>- Pénétrations pour AGR (Tableau 5-1)</li> <li>- Coefficients pour AGR (Tableau 10-1 (TM))</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, MAN, TP urbain &amp; interurbain, HH et SER</li> <li>- VA par sous-secteur pour tous les autres secteurs (Tableau 2)</li> <li>- Rendements moyens pour ACM (Tableaux 5-5 à 5-7)</li> <li>- IE pour autres secteurs: CON, MIN, MAN (Tableau 3)</li> <li>- Pénétrations pour CON (Tableau 5-2) et MIN (Tableau 5-3)</li> <li>- TM par modes (Tableau 10-3)</li> <li>- IE pour TM (Tableau 10-4)</li> </ul>
2	Modification du nombre de sous-secteurs du secteur CON	Idem que pour AGR	Idem que pour AGR
3	Modification du nombre de sous-secteurs du secteur MIN	Idem que pour AGR	Idem que pour AGR
4	Modification du nombre de sous-secteurs du secteur MAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VA par sous-secteur de MAN (Tableau 2)</li> <li>- IE par sous-secteur de MAN (Tableau 3)</li> <li>- Parts des différents processus thermiques dans la demande d'énergie thermique utile des sous-secteurs MAN (Tableau 7)</li> <li>- Pénétrations des différentes formes d'énergie dans la demande d'énergie thermique utile de MAN (Tableau 8-1)</li> <li>- Coefficients pour MAN (Tableau 10-1 (TM))</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, ACM, TP urbain &amp; interurbain, HH et SER</li> <li>- VA par sous-secteur de tous les autres secteurs (Tableau 2)</li> <li>- Rendements pour MAN (Tableau 8-2)</li> <li>- TM par modes (Tableau 10-3)</li> <li>- IE pour TM (Tableau 10-4)</li> </ul>

Suite

Tableau 3.2. Option “Garder les données valables de l’ancienne structure” quand le système économique/énergétique change dans MAED\_D (suite)

5	Modification du nombre de sous-secteurs du secteur SER	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VA par sous-secteur de SER (Tableau 2)</li> <li>- Coefficients pour SER (Tableau 10-1 (TM))</li> <li>- IE pour SER (Tableaux 17-4 à 17-6)</li> <li>- Pénétrations des différentes formes d’énergie utilisées pour les Autres usages thermiques de SER (Tableau 18-2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, ACM, MAN, TP urbain &amp; interurbain et HH</li> <li>- VA par sous-secteur de tous les autres secteurs (Tableau 2)</li> <li>- TM par modes (Tableau 10-3)</li> <li>- IE pour TM (Tableau 10-4)</li> <li>- Donnée de base pour SER (Tableau 17-1)</li> <li>- Facteurs pour SER (Tableau 17-2)</li> <li>- Pénétrations et rendements pour SER, à l’exception des pénétrations des Autres usages thermiques (Tableaux 18-1, 18-3, 18-4 et 18-5)</li> </ul>
6	Modification du nombre de modes de TM ou du code d’énergie d’un mode de TM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TM par modes (Tableau 10-3)</li> <li>- IE des modes TM (Tableau 10-4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, PIB, ACM, MAN, TP urbain &amp; interurbain, HH et SER</li> <li>- Génération de la demande de transport de marchandises (Tableau 10-1)</li> </ul>
7	Modification du nombre de modes de TP interurbain. Conservation du nombre de modes privés et modification du nombre de modes publics.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LF des modes publics de TP interurbain (Tableau 12-3)</li> <li>- Partage du TP interurbain public par mode (Tableau 12-7)</li> <li>- IE des modes publics de TP interurbain (Tableau 12-9)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, PIB, ACM, MAN, TM &amp; TP urbain, HH et SER</li> <li>- Données générales pour TP interurbain (Tableaux 12-1 et 12-2)</li> <li>- LF des modes privés de TP interurbain (Tableau 12-3)</li> <li>- TP interurbain privé par mode (Tableau 12-5)</li> <li>- IE des modes privés de TP interurbain (Tableau 12-9)</li> </ul>
8	Modification du nombre de modes de TP interurbain et du nombre de modes privés. Même nombre de modes publics.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LF des modes privés de TP interurbain (Tableau 12-3)</li> <li>- Partage du TP interurbain privé par mode (Tableau 12-5)</li> <li>- IE des modes privés de TP interurbain (Tableau 12-9)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, PIB, ACM, MAN, TM &amp; TP urbain, HH et SER</li> <li>- Données générales pour TP interurbain (Tableaux 12-1 et 12-2)</li> <li>- LF des modes publics de TP interurbain (Tableau 12-3)</li> <li>- Partage du TP interurbain public par mode (Tableau 12-7)</li> <li>- IE des modes publics de TP interurbain (Tableau 12-9)</li> </ul>

Suite

Tableau 3.2. Option “Garder les données valables de l’ancienne structure” quand le système économique/énergétique change dans MAED\_D (suite)

9	Modification du nombre de modes privés et publics de TP interurbain. (cas 9 = cas 7 + cas 8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LF de tous les modes de TP interurbain (Tableau 12-3)</li> <li>- Partage du TP interurbain privé par mode (Tableau 12-5)</li> <li>- Partage du TP interurbain public par mode (Tableau 12-7)</li> <li>- IE de tous les modes de TP interurbain (Tableau 12-9)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, PIB, ACM, MAN, TM &amp; TP urbain, HH et SER</li> <li>- Données générales pour TP interurbain (Tableaux 12-1 et 12-2)</li> </ul>
10	Modification du code d'énergie d'un mode privé de TP interurbain. (de la même façon que dans le cas 8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LF des modes privés de TP interurbain (Tableaux 12-3)</li> <li>- Partage du TP interurbain privé par mode (Tableau 12-5)</li> <li>- IE des modes privés de TP interurbain (Tableau 12-9)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, PIB, ACM, MAN, TM &amp; TP urbain, HH et SER</li> <li>- Données générales pour TP interurbain (Tableaux 12-1 et 12-2)</li> <li>- LF des modes publics de TP interurbain (Tableaux 12-3)</li> <li>- Partage du TP interurbain public par mode (Tableaux 12-7)</li> <li>- IE des modes publics de TP interurbain (Tableau 12-9)</li> </ul>
11	Modification du code d'énergie d'un mode public de TP interurbain. (de la même façon que dans le cas 7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LF des modes publics de TP interurbain (Tableau 12-3)</li> <li>- Partage du TP interurbain public par mode (Tableau 12-7)</li> <li>- IE des modes publics de TP interurbain (Tableau 12-9)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, PIB, ACM, MAN, TM &amp; TP urbain, HH et SER</li> <li>- Données générales pour TP interurbain (Tableaux 12-1 et 12-2)</li> <li>- LF des modes privés de TP interurbain (Tableaux 12-3)</li> <li>- Partage du TP interurbain privé par mode (Tableaux 12-5)</li> <li>- IE des modes privés de TP interurbain (Tableau 12-9)</li> </ul>
12	Modification du nombre de modes de TP urbain ou du code d'énergie d'un mode de TP urbain	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LF des modes de TP urbain (Tableau 11-2)</li> <li>- Partage du TP urbain par mode (Tableau 11-3)</li> <li>- IE des modes de TP urbain (Tableau 11-5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les données pour Démographie, PIB, ACM, MAN, TM &amp; TP interurbain, HH et SER</li> <li>- Données générales pour TP urbain (Tableaux 11-1)</li> </ul>

Suite

Tableau 3.2. Option “Garder les données valables de l’ancienne structure” quand le système économique/énergétique change dans MAED\_D (suite)

13	Modification du nombre de types de logements urbains	- Tous les facteurs pour SH et AC (Tableau 14-2) - Pénétrations des formes d'énergie pour SH (Tableau 14-5)	- Toutes les données pour Démographie, PIB, ACM, MAN, TM & TP, HH ruraux et SER - Données de base pour HH urbains (Tableau 14-1) - Tous les facteurs pour CK, HW et AP (Tableau 14-3) - Tous les rendements pour HH urbains (Tableaux 14-6, 14-8, 14-10 et 14-12) - Pénétrations des formes d'énergie pour HW (Tableau 14-7), CK (Tableau 14-9) et AC (Tableau 14-11)
14	Modification du nombre de types de logements ruraux	Idem que pour les logements urbains	Idem que pour les logements urbains

*Abréviations:*

AGR: Agriculture	CON: Construction	MIN: Mines	ACM: Agriculture, Construction, et Mines
MAN: Industries manufacturières	SER: Services	TM: Transport de marchandises	TP: Transport de passagers
HH: Ménages	PIB: Produit intérieur brut	VA: Valeur ajoutée	IE: Intensité énergétique
LF: Facteur de charge	SH: Chauffage	HW: Eau chaude sanitaire	CK: Cuisson
AP: Appareils et équipements	AC: Climatisation		



### 3.3.4 Feuille de calcul "Demogr-D" (Tableau 1)

Cette feuille de calcul traite les données démographiques: population et ménages, milieu de vie (rural/urbain) et main d'œuvre. Elle couvre 7 paramètres d'entrée et 5 paramètres dérivés du module MAED\_D (voir Figure 3.9). Les données contenues dans cette feuille de calcul sont nécessaires aux calculs des valeurs des paramètres dérivés des différentes autres feuilles de calcul du classeur MAED\_D. Avant d'entrer une nouvelle série de données d'entrée dans les cellules blanches de cette feuille de calcul, les anciennes données du scénario "Cas de démonstration" ("Demonstration Case") peuvent être effacées, soit d'un seul coup en cliquant sur le bouton "Effacer les données d'entrée" dans la feuille de calcul "Defs", soit ligne par ligne ou cellule par cellule, au gré de l'utilisateur.

Tableau 1 Démographie							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Population*	[million]	19,150	21,666	24,275	26,934	29,591	32,194
Taux de croissance*	[%p.a.]	na**	2,500	2,300	2,100	1,900	1,700
Population urbaine	[%]	41,500	42,000	43,000	44,000	45,000	45,000
Pers./ménage	[pers.]	6,000	5,900	5,700	5,400	5,000	4,500
Ménages urbains	[million]	1,325	1,542	1,831	2,195	2,663	3,219
Population rurale	[%]	58,500	58,000	57,000	56,000	55,000	55,000
Pers./ménage	[pers.]	7,000	6,800	6,600	6,300	5,900	5,400
Ménages ruraux	[million]	1,600	1,848	2,097	2,394	2,759	3,279
Pop. active potentielle	[%]	49,000	49,200	49,400	49,550	49,650	49,700
Population occupée	[%]	40,000	42,000	45,000	49,000	54,000	60,000
Population active	[million]	3,753	4,477	5,396	6,539	7,934	9,600
Pop. des grandes villes	[%]	22,000	23,000	24,000	25,000	26,000	27,000
Pop. des grandes villes	[million]	4,213	4,983	5,826	6,733	7,694	8,692
*Une des séries doit être entrée, l'autre calculée							
		$C4*(1+D5/100)^(D3-C3)$		(Population)			
		$((D4/C4)^(1/(D3-C3))-1)*100$		(Taux de croissance de la population)			
** na - non applicable							

Figure 3.9. Tableau 1 de la feuille de calcul "Demogr-D".

Dans ce tableau, les valeurs d'entrée sont parfois dépendantes les unes des autres. Ainsi, comme mentionné dans la note sous le tableau, dans le cas des paramètres Population (PO) et Taux de croissance de la population (POGR), seule une des deux séries de valeurs doit être entrée sous forme numérique, l'autre devant être calculée en utilisant une des deux formules présentées en cellule A18 ou A19. Il faut noter que ces formules ne peuvent être utilisées pour calculer les valeurs de la variable PO (ligne 4) ou POGR (ligne 5) pour la première année de référence. Ces valeurs doivent être introduites sous forme numérique. Ce n'est pas toujours le cas quand on utilise une formule pour entrer les données relatives à une variable quelconque, mais de manière générale, une attention spéciale est nécessaire, chaque fois que les données d'une ligne sont entrées à l'aide d'une formule et non en tant que valeur numérique.

Si l'utilisateur veut utiliser une formule qui existe déjà dans le "Cas de démonstration", il n'est pas nécessaire d'effacer le contenu de la ligne et de re-écrire la même formule au moment de l'introduction des données d'entrée. Si, en revanche, il désire utiliser une autre formule pour cette ligne ou entrer des données sous forme numérique, le contenu de la ligne peut être effacé en même temps que les autres lignes qui contiennent seulement des données numériques, avant de commencer l'introduction de nouvelles données.

Dans le Tableau 1 du “Cas de démonstration“ (Figure 3.9), les données pour la variable POGR ont été entrées sous forme numérique, tandis que pour PO elles ont été calculées à l’aide d’une formule.

Au fur et à mesure de l’introduction des données d’entrée, le logiciel calcule et affiche les valeurs des variables dérivées pour lesquelles les données d’entrée nécessaires ont été introduites. Une fois toutes les données d’entrée introduites, l’ensemble des cellules des tableaux de variables dérivées auront leurs valeurs finales. L’utilisateur devra alors vérifier avec attention si les résultats lui semblent vraisemblables; si ce n’est pas le cas, il devra vérifier les données d’entrée correspondantes et faire les corrections et ajustements nécessaires. Le logiciel MAED\_D réalise certaines vérifications internes des données d’entrée et des variables dérivées et affiche des messages d’erreur ou d’avertissement mais ces vérifications ne sont pas exhaustives, et des vérifications supplémentaires par l’utilisateur s’avèrent nécessaires.

Ces informations générales concernant l’entrée de données et la vérification des valeurs des variables dérivées s’appliqueront aussi aux autres feuilles de calcul du module MAED\_D.

### **3.3.5 Feuille de calcul “GDP-D” (Tableau 2)**

Cette feuille de calcul a pour objet la formation du Produit Intérieur Brut (PIB). Elle est constituée d’au maximum 9 tableaux dénommés Tableaux 2-1 à 2-9.

Le premier tableau, Tableau 2-1 (voir Figure 3.10), contient les données d’entrée relatives au PIB (ou au taux de croissance du PIB) et à la structure de formation du PIB. Les paramètres des lignes 8 (PIB/personne) et 14 (part du secteur Energie dans la formation du PIB) sont des variables dérivées, les cellules correspondantes sont donc colorées en orange et verrouillées. Le paramètre “Energie” (représentant la part du secteur Energie dans la formation du PIB), en ligne 14, est un paramètre d’entrée (défini par la variable PYEN au Chapitre 4, Tableau 4.1) mais l’utilisateur ne doit pas entrer sa valeur dans la feuille de calcul. Ce paramètre représente la différence entre le total de 100% et les parts de tous les autres secteurs (Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières et Services) dans la formation du PIB. Sa valeur est calculée automatiquement par le logiciel et la ligne correspondante (ligne 14) est colorée en orange et verrouillée.

De même que dans la feuille de calcul précédente, deux paramètres d’entrée de ce tableau, à savoir le PIB et le taux de croissance du PIB peuvent être inter-liés à l’aide d’une formule. Dans ce cas, l’utilisateur doit spécifier la série de valeurs pour un des deux paramètres, l’autre série de valeurs étant automatiquement calculée.

Les Tableaux 2-2 à 2-6 représentent la structure de formation de la valeur ajoutée par sous-secteurs des secteurs Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières et Services. Ils auront un nombre variable de lignes en fonction du nombre de sous-secteurs choisis pour chaque secteur. Pour les secteurs ne possédant qu’un sous-secteur, il n’y a pas de tableau correspondant, et la part de la valeur ajoutée de ce secteur est uniquement spécifiée dans le Tableau 2-1. En revanche, si le secteur concerné possède au moins deux sous-secteurs, le pourcentage de la valeur ajoutée du dernier sous-secteur est calculé dans la dernière ligne de ces tableaux par soustraction sur un total de 100%. L’utilisateur retrouvera des situations similaires dans d’autres feuilles de calcul de MAED\_D.

Le Tableau 2-7 contient les valeurs de plusieurs variables dérivées représentant les valeurs monétaires des valeurs ajoutées par sous-secteur et secteur, calculées par le logiciel sur la base de l’information sur le PIB total et sa structure (%) par secteurs et sous-secteurs, fournie par

l'utilisateur dans les tableaux précédents. La ligne finale de ce tableau présente les valeurs calculées du PIB total, qui, doivent être identiques aux valeurs entrées/calculées dans le Tableau 2-1 (ligne 6). Ces données, de même que celles du Tableau 2-1 sont utilisées par le logiciel pour calculer les valeurs des variables dérivées dans plusieurs autres feuilles de calcul de MAED\_D.

Le Tableau 2-8 présente les valeurs monétaires par personne du PIB total et des valeurs ajoutées des secteurs Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières, Services et Energie.

Le tableau final de cette feuille de calcul (Tableau 2-9) contient les taux de croissance de la valeur ajoutée par secteur et sous-secteur, ainsi que ceux du PIB total et du PIB par personne. Ces taux de croissance sont affichés seulement pour la seconde année de référence et les suivantes, la première année servant de référence pour calculer le taux de croissance pour la deuxième année. Les Tableaux 2-7, 2-8 et 2-9 sont présentés en Figure 3.11.

### **3.3.6 Feuilles de calcul du secteur Industrie (Tableaux 3 à 9)**

Dans MAED\_D, sept feuilles de calcul, à savoir "EnInt-D", "UsEne-D", "ACMFac-D", "FIN\_ACM", "ManFac1-D", "ManFac2-D" et "FIN\_Ind-D", sont utilisées pour analyser la demande d'énergie du secteur Industrie, qui est un secteur composite, incluant quatre grands secteurs économiques: Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières. Le terme "ACM" a été utilisé dans certaines feuilles de calcul mentionnées auparavant, et sera également utilisé dans ce Manuel pour faire référence à la combinaison des secteurs Agriculture, Construction et Mines.

#### **(a) Feuille de calcul "EnInt-D" (Tableau 3)**

La feuille de calcul "EnInt-D" contient trois sous-tableaux, utilisés pour entrer les données relatives aux intensités énergétiques des carburants (Tableau 3-1), aux usages spécifiques de l'électricité (Tableau 3-2) et aux usages thermiques (Tableau 3-3) dans les secteurs Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières. Ces intensités énergétiques sont exprimées en termes d'énergie finale par unité monétaire pour les carburants et les usages spécifiques de l'électricité et en termes d'énergie utile par unité monétaire pour les usages thermiques. Les données d'entrée concernent les différents sous-secteurs, tandis que le logiciel calcule les intensités énergétiques moyennes au niveau du secteur. La Figure 3.12 présente cette feuille de calcul.

## Formation du PIB

**Tableau 2-1 PIB total et sa structure par secteur**

Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
PIB*	[10 <sup>9</sup> US\$]	33,550	42,819	54,131	67,780	84,063	103,263
Taux croissance PIB*	[%]	na	5,000	4,800	4,600	4,400	4,200
PIB/cap	US\$	1752,0	1976,3	2229,9	2516,6	2840,8	3207,6
Agriculture	[%]	24,500	23,500	21,500	19,400	17,400	15,500
Construction	[%]	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	2,200
Mines	[%]	3,400	5,300	5,100	4,800	4,300	3,800
Industries manufacturières	[%]	13,000	14,000	15,200	16,100	16,800	16,900
Services	[%]	49,000	49,000	50,000	51,800	54,200	57,300
Énergie	[%]	7,800	5,900	5,900	5,600	5,000	4,300

\*Une des séries doit être entrée, l'autre calculée

$C6*(1+D7/100)^(D5-C5)$  (GDP)

$((D6/C6)^(1/(D5-C5))-1)*100$  (GDP growth rate)

**Tableau 2-2 Répartition du PIB par sous-secteur du secteur Agriculture**

Sous-secteur	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Fermes	[%]	55,000	53,000	50,500	48,000	46,000	44,000
Elevage	[%]	25,000	26,500	28,000	29,500	30,500	32,000
Sylviculture	[%]	15,500	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Pêche	[%]	4,500	5,500	6,500	7,500	8,500	9,000

**Tableau 2-3 Répartition du PIB par sous-secteur du secteur Construction**

Sous-secteur	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Bâtiments	[%]	20,000	21,000	22,000	23,000	24,000	25,000
Infrastructure	[%]	80,000	79,000	78,000	77,000	76,000	75,000

**Tableau 2-4 Répartition du PIB par sous-secteur du secteur Mines**

Sous-secteur	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Minerai	[%]	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000
Charbon	[%]	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Autres	[%]	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000

**Tableau 2-5 Répartition du PIB par sous-secteur du secteur Industries manufacturières**

Sous-secteur	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Matériaux de base	[%]	25,000	24,000	23,000	22,000	21,000	20,000
Machines&equip.	[%]	10,000	13,000	16,000	19,000	21,000	23,000
Biens de consom.	[%]	60,000	58,000	56,000	54,000	53,000	52,000
Petites industries	[%]	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000

**Tableau 2-6 Répartition du PIB par sous-secteur du secteur Services**

Sous-secteur	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comm. & tourisme	[%]	13,000	15,000	16,500	18,000	19,000	19,500
Admin. publique	[%]	32,500	33,000	33,500	34,000	34,500	35,000
Finances&affaires	[%]	6,000	6,500	7,000	7,500	8,100	9,000
Autres	[%]	48,500	45,500	43,000	40,500	38,400	36,500

Figure 3.10 Tableaux 2-1 à 2-6 (données d'entrée) de la feuille de calcul « GDP-D »

Secteurs/Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
<b>Agriculture</b>	[10^9 US\$]	<b>8.220</b>	<b>10.063</b>	<b>11.638</b>	<b>13.149</b>	<b>14.627</b>	<b>16.006</b>
Fermes	[10^9 US\$]	4.521	5.333	5.877	6.312	6.728	7.043
Elevage	[10^9 US\$]	2.055	2.667	3.259	3.879	4.461	5.122
Sylviculture	[10^9 US\$]	1.274	1.509	1.746	1.972	2.194	2.401
Pêche	[10^9 US\$]	0.370	0.553	0.756	0.986	1.243	1.441
<b>Construction</b>	[10^9 US\$]	<b>0.772</b>	<b>0.985</b>	<b>1.245</b>	<b>1.559</b>	<b>1.933</b>	<b>2.272</b>
Bâtiments	[10^9 US\$]	0.154	0.207	0.274	0.359	0.464	0.568
Infrastructure	[10^9 US\$]	0.617	0.778	0.971	1.200	1.469	1.704
<b>Mines</b>	[10^9 US\$]	<b>1.141</b>	<b>2.269</b>	<b>2.761</b>	<b>3.253</b>	<b>3.615</b>	<b>3.924</b>
Minerai	[10^9 US\$]	0.399	0.794	0.966	1.139	1.265	1.373
Charbon	[10^9 US\$]	0.456	0.908	1.104	1.301	1.446	1.570
Autres	[10^9 US\$]	0.285	0.567	0.690	0.813	0.904	0.981
<b>Industries manufacturières</b>	[10^9 US\$]	<b>4.362</b>	<b>5.995</b>	<b>8.228</b>	<b>10.913</b>	<b>14.123</b>	<b>17.451</b>
Matériaux de base	[10^9 US\$]	1.090	1.439	1.892	2.401	2.966	3.490
Machines&equip.	[10^9 US\$]	0.436	0.779	1.316	2.073	2.966	4.014
Biens de consom.	[10^9 US\$]	2.617	3.477	4.608	5.893	7.485	9.075
Petites industries	[10^9 US\$]	0.218	0.300	0.411	0.546	0.706	0.873
<b>Services</b>	[10^9 US\$]	<b>16.440</b>	<b>20.981</b>	<b>27.065</b>	<b>35.110</b>	<b>45.562</b>	<b>59.170</b>
Comm. & tourisme	[10^9 US\$]	2.137	3.147	4.466	6.320	8.657	11.538
Admin. publique	[10^9 US\$]	5.343	6.924	9.067	11.937	15.719	20.709
Finances&affaires	[10^9 US\$]	0.986	1.364	1.895	2.633	3.691	5.325
Autres	[10^9 US\$]	7.973	9.547	11.638	14.220	17.496	21.597
<b>Energie</b>	[10^9 US\$]	<b>2.617</b>	<b>2.526</b>	<b>3.194</b>	<b>3.796</b>	<b>4.203</b>	<b>4.440</b>
<b>PIB total</b>	[10^9 US\$]	<b>33.550</b>	<b>42.819</b>	<b>54.131</b>	<b>67.780</b>	<b>84.063</b>	<b>103.263</b>

**Tableau 2-8 PIB par personne par secteur**

Secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
<b>PIB/personne</b>	US\$	<b>1751.958</b>	<b>1976.291</b>	<b>2229.868</b>	<b>2516.569</b>	<b>2840.799</b>	<b>3207.556</b>
Agriculture	US\$	429.230	464.428	479.422	488.214	494.299	497.171
Construction	US\$	40.295	45.455	51.287	57.881	65.338	70.566
Mines	US\$	59.567	104.743	113.723	120.795	122.154	121.887
Industries manufacturières	US\$	227.755	276.681	338.940	405.168	477.254	542.077
Services	US\$	858.460	968.383	1114.934	1303.583	1539.713	1837.930
Énergie	US\$	136.653	116.601	131.562	140.928	142.040	137.925

**Tableau 2-9 Taux de croissance du PIB par secteur/sous-secteur**

Secteurs/Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
<b>Agriculture</b>	[%]		<b>4.129</b>	<b>2.952</b>	<b>2.472</b>	<b>2.153</b>	<b>1.818</b>
Fermes	[%]		3.360	1.962	1.437	1.287	0.917
Elevage	[%]		5.349	4.092	3.547	2.836	2.800
Sylviculture	[%]		3.448	2.952	2.472	2.153	1.818
Pêche	[%]		8.393	6.450	5.447	4.742	2.989
<b>Construction</b>	[%]		<b>5.000</b>	<b>4.800</b>	<b>4.600</b>	<b>4.400</b>	<b>3.278</b>
Bâtiments	[%]		6.030	5.780	5.534	5.292	4.124
Infrastructure	[%]		4.736	4.533	4.330	4.127	3.005
<b>Mines</b>	[%]		<b>14.749</b>	<b>3.997</b>	<b>3.339</b>	<b>2.128</b>	<b>1.655</b>
Minerai	[%]		14.749	3.997	3.339	2.128	1.655
Charbon	[%]		14.749	3.997	3.339	2.128	1.655
Autres	[%]		14.749	3.997	3.339	2.128	1.655
<b>Industries manufacturières</b>	[%]		<b>6.568</b>	<b>6.538</b>	<b>5.810</b>	<b>5.292</b>	<b>4.324</b>
Matériaux de base	[%]		5.701	5.635	4.874	4.317	3.311
Machines&equip.	[%]		12.309	11.055	9.510	7.421	6.239
Biens de consom.	[%]		5.848	5.793	5.044	4.900	3.927
Petites industries	[%]		6.568	6.538	5.810	5.292	4.324
<b>Services</b>	[%]		<b>5.000</b>	<b>5.224</b>	<b>5.343</b>	<b>5.350</b>	<b>5.366</b>
Comm. & tourisme	[%]		8.049	7.249	7.192	6.495	5.914
Admin. publique	[%]		5.321	5.541	5.655	5.658	5.669
Finances&affaires	[%]		6.694	6.796	6.806	6.984	7.609
Autres	[%]		3.668	4.042	4.088	4.234	4.302
<b>Énergie</b>	[%]		<b>-0.702</b>	<b>4.800</b>	<b>3.514</b>	<b>2.060</b>	<b>1.104</b>
<b>PIB total</b>	[%]		<b>5.000</b>	<b>4.800</b>	<b>4.600</b>	<b>4.400</b>	<b>4.200</b>
<b>PIB/cap</b>	[%]		<b>2.439</b>	<b>2.444</b>	<b>2.449</b>	<b>2.453</b>	<b>2.458</b>

Figure 3.11 Tableaux 2-7 à 2-9 (valeurs calculées) de la feuille de calcul « GDP-D »

<b>Intensités énergétiques du secteur Industrie</b>							
<b>Tableau 3-1 Intensités énergétiques des Carburants</b>							
Item	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
<b>Agriculture</b>	[kWh/US\$]	<b>0,972</b>	<b>0,872</b>	<b>0,798</b>	<b>0,725</b>	<b>0,668</b>	<b>0,611</b>
Fermes	[kWh/US\$]	1,500	1,400	1,350	1,300	1,250	1,200
Elevage	[kWh/US\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sylviculture	[kWh/US\$]	0,800	0,700	0,600	0,500	0,450	0,400
Pêche	[kWh/US\$]	0,500	0,450	0,400	0,350	0,300	0,250
<b>Construction</b>	[kWh/US\$]	<b>0,580</b>	<b>0,574</b>	<b>0,568</b>	<b>0,562</b>	<b>0,556</b>	<b>0,550</b>
Bâtiments	[kWh/US\$]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Infrastructure	[kWh/US\$]	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
<b>Mines</b>	[kWh/US\$]	<b>0,210</b>	<b>0,210</b>	<b>0,210</b>	<b>0,210</b>	<b>0,210</b>	<b>0,210</b>
Minerai	[kWh/US\$]	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Charbon	[kWh/US\$]	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Autres	[kWh/US\$]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
<b>Industries manufacturières</b>	[kWh/US\$]	<b>0,122</b>	<b>0,121</b>	<b>0,120</b>	<b>0,119</b>	<b>0,119</b>	<b>0,118</b>
Matériaux de base	[kWh/US\$]	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Machines&equip.	[kWh/US\$]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Biens de consom.	[kWh/US\$]	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Petites industries	[kWh/US\$]	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050

Figure 3.12. Tableau 3.1 de la feuille de calcul "EnInt-D".

#### (b) Feuille de calcul "UsEne-D" (Tableau 4)

Cette feuille de calcul contient les valeurs calculées par le logiciel de demande d'énergie utile en carburants (Tableau 4-1), pour les usages spécifiques de l'électricité (Tableau 4-2) et pour les usages thermiques (Tableau 4-3) des secteurs Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières. Le Tableau 4-4 totalise la demande d'énergie utile pour l'ensemble du secteur agrégé Industrie. La Figure 3.13 présente le Tableau 4-1.

Il convient de noter que la demande en carburants et en électricité pour les usages spécifiques est, en fait, calculée directement en termes d'énergie finale car pour ces usages et pour ces secteurs, le modèle ne permet pas de réaliser des substitutions entre les différentes formes d'énergie. Le seul usage de l'énergie pour lequel la demande d'énergie est calculée en termes d'énergie utile est celui des usages thermiques. Pour convertir la demande d'énergie utile des usages thermiques dans les secteurs Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières en énergie finale, des informations supplémentaires relatives à la pénétration des différentes formes d'énergie dans ce marché (usages thermiques) et aux rendements d'utilisation sont nécessaires. Les données d'entrée seront fournies par l'utilisateur dans les feuilles de calcul suivantes.

<b>Demande d'énergie utile du secteur Industrie</b>							
<b>Tableau 4-1 Demande d'énergie utile, Carburants</b>							
<b>Secteurs/Sous-secteurs</b>	<b>Unité</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
<b>Agriculture</b>	<b>GWa</b>	<b>0.912</b>	<b>1.001</b>	<b>1.060</b>	<b>1.089</b>	<b>1.115</b>	<b>1.115</b>
Fermes	GWa	0.774	0.852	0.906	0.937	0.960	0.965
Elevage	GWa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sylviculture	GWa	0.116	0.121	0.120	0.113	0.113	0.110
Pêche	GWa	0.021	0.028	0.035	0.039	0.043	0.041
<b>Construction</b>	<b>GWa</b>	<b>0.051</b>	<b>0.065</b>	<b>0.081</b>	<b>0.100</b>	<b>0.123</b>	<b>0.143</b>
Bâtiments	GWa	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
Infrastructure	GWa	0.049	0.062	0.078	0.096	0.117	0.136
<b>Mines</b>	<b>GWa</b>	<b>0.027</b>	<b>0.054</b>	<b>0.066</b>	<b>0.078</b>	<b>0.087</b>	<b>0.094</b>
Minerai	GWa	0.014	0.027	0.033	0.039	0.043	0.047
Charbon	GWa	0.010	0.021	0.025	0.030	0.033	0.036
Autres	GWa	0.003	0.006	0.008	0.009	0.010	0.011
<b>Industries manufacturières</b>	<b>GWa</b>	<b>0.061</b>	<b>0.083</b>	<b>0.113</b>	<b>0.149</b>	<b>0.191</b>	<b>0.235</b>
Matériaux de base	GWa	0.019	0.025	0.032	0.041	0.051	0.060
Machines&equip.	GWa	0.005	0.009	0.015	0.024	0.034	0.046
Biens de consom.	GWa	0.036	0.048	0.063	0.081	0.103	0.124
Petites industries	GWa	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>1.051</b>	<b>1.203</b>	<b>1.320</b>	<b>1.415</b>	<b>1.516</b>	<b>1.587</b>

Figure 3.13. Tableau 4-1 de la feuille de calcul "UsEne-D".

### (c) Feuille de calcul "ACMFac-D" (Tableau 5)

Les Tableaux 5-1 à 5-3 sont utilisés pour entrer les données relatives aux pénétrations des différentes formes d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, systèmes solaires et combustibles fossiles) dans le marché de l'énergie thermique utile pour les secteurs Agriculture, Construction, et Mines (voir Figure 3.14). Le Tableau 5-4 représente les valeurs moyennes des pénétrations, calculées par le logiciel, pour les cinq formes d'énergie évoquées ci-dessus dans le marché combiné de l'énergie thermique utile du secteur ACM. (Pour plus de détails sur ce sujet et sur les autres calculs effectués par le logiciel MAED\_D, se reporter au Chapitre 5 de ce manuel). Les valeurs moyennes des pénétrations du Tableau 5-4 ont seulement un rôle informatif, car dans les calculs de conversion de l'énergie thermique utile à l'énergie finale, le modèle utilise les pénétrations de chaque secteur fournies par les Tableaux 5-1 à 5-3.

Les trois tableaux suivants sont utilisés pour spécifier le rendement moyen des combustibles traditionnels (Tableau 5-5), de la biomasse moderne (Tableau 5-6) et des combustibles fossiles (Tableau 5-7) utilisés pour des usages thermiques dans les secteurs Agriculture, Construction, et Mines (voir Figure 3.15). Il est important de noter que dans le modèle MAED\_D, tous les rendements sont exprimés par rapport au rendement de l'électricité, pour le même usage et avec des technologies conventionnelles (excluant les pompes à chaleur, par exemple).

**Facteurs relatifs aux secteurs Agriculture, Construction et Mines**

**Tableau 5-1 Pénétration des formes d'énergie dans la demande d'énergie utile pour les usages thermiques du secteur Agriculture**

Agriculture	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	12,00	11,00	10,00	9,00	8,00	7,00
Biomasse moderne	[%]	2,00	4,50	7,00	9,50	12,00	15,00
Electricité	[%]	1,00	2,00	3,50	5,00	6,50	8,00
Solaire	[%]	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Comb. fossiles	[%]	85,00	81,50	77,50	73,50	69,50	65,00

**Tableau 5-2 Pénétration des formes d'énergie dans la demande d'énergie utile pour les usages thermiques du secteur Construction**

Construction	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	5,00	4,50	4,00	3,50	3,00	2,00
Biomasse moderne	[%]	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00
Electricité	[%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Solaire	[%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Comb. fossiles	[%]	94,00	94,00	94,00	93,50	93,00	93,00

**Tableau 5-3 Pénétration des formes d'énergie dans la demande d'énergie utile pour les usages thermiques du secteur Mines**

Mines	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	5,00	4,50	4,00	3,50	3,00	2,00
Biomasse moderne	[%]	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00
Electricité	[%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Solaire	[%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Comb. fossiles	[%]	94,00	94,00	94,00	93,50	93,00	93,00

Figure 3.14. Tableaux 5-1 à 5-3 (pénétrations) de la feuille de calcul "ACMFac-D".

**Tableau 5-5 Rendement moyen d'utilisation des combustibles traditionnels pour les usages thermiques des secteurs Agriculture, Construction et Mines**

Secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Agriculture	[%]	25,00	27,00	29,00	31,00	33,00	35,00
Construction	[%]	30,00	32,00	34,00	38,00	38,00	40,00
Mines	[%]	30,00	32,00	34,00	36,00	38,00	40,00

**Tableau 5-6 Rendement moyen d'utilisation de la biomasse moderne pour les usages thermiques des secteurs Agriculture, Construction et Mines**

Secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Agriculture	[%]	30,00	32,00	34,00	38,00	38,00	40,00
Construction	[%]	33,00	33,50	34,00	36,00	38,00	40,00
Mines	[%]	33,00	33,50	34,00	36,00	38,00	40,00

**Tableau 5-7 Rendement moyen d'utilisation des combustibles fossiles pour les usages thermiques des secteurs Agriculture, Construction et Mines**

Secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Agriculture	[%]	40,00	42,00	44,00	46,00	48,00	50,00
Construction	[%]	40,00	42,00	44,00	46,00	48,00	50,00
Mines	[%]	40,00	42,00	44,00	46,00	48,00	50,00

Figure 3.15. Tableaux 5-5 à 5-7 (rendements) de la feuille de calcul "ACMFac-D".

**(d) Feuille de calcul "FIN\_ACM-D" (Tableau 6)**

Cette feuille de calcul contient les valeurs calculées par le modèle relatives à la demande d'énergie finale des différentes formes d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, systèmes solaires, combustibles fossiles, et carburants) pour les secteurs Agriculture (Tableaux 6-1 à 6-3), Construction (Tableaux 6-4 à 6-6), Mines (Tableaux 6-7 à 6-9) et pour le secteur composite ACM (Tableaux 6-10 à 6-12). Pour chacun de ces secteurs, la demande d'énergie finale est exprimée en valeur absolue (unité par défaut: GWh), en pourcentage de la source d'énergie dans la demande totale d'énergie finale du secteur (%) et en intensité énergétique (kWh/MU). La Figure 3.16 présente les Tableaux 6-1 à 6-3, relatifs à la demande d'énergie finale du secteur Agriculture.



<b>Demande d'énergie finale des secteurs Agriculture, Construction et Mines</b>							
<b>Tableau 6-1 Demande totale d'énergie finale du secteur Agriculture (valeurs absolues)</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	0,037	0,038	0,037	0,034	0,030	0,026
Biomasse moderne	GWa	0,005	0,013	0,022	0,029	0,039	0,049
Electricité	GWa	0,090	0,115	0,137	0,158	0,181	0,203
Solaire	GWa	0,000	0,001	0,002	0,003	0,005	0,007
Comb. fossiles	GWa	0,165	0,182	0,186	0,186	0,180	0,171
Carburants	GWa	0,912	1,001	1,060	1,089	1,115	1,115
<b>Total AGR</b>	<b>GWa</b>	<b>1,210</b>	<b>1,350</b>	<b>1,444</b>	<b>1,499</b>	<b>1,551</b>	<b>1,573</b>
<b>Tableau 6-2 Demande totale d'énergie finale du secteur Agriculture (pourcentages)</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	3,089	2,829	2,529	2,253	1,946	1,677
Biomasse moderne	[%]	0,429	0,977	1,510	1,940	2,535	3,145
Electricité	[%]	7,470	8,481	9,494	10,551	11,647	12,938
Solaire	[%]	0,000	0,069	0,147	0,233	0,321	0,419
Comb. fossiles	[%]	13,677	13,475	12,916	12,401	11,624	10,903
Carburants	[%]	75,335	74,169	73,406	72,621	71,926	70,917
<b>Tableau 6-3 Demande totale d'énergie finale par unité de valeur ajoutée, secteur Agriculture</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[kWh/US\$]	0,040	0,033	0,027	0,023	0,018	0,014
Biomasse moderne	[kWh/US\$]	0,006	0,011	0,016	0,019	0,024	0,027
Electricité	[kWh/US\$]	0,096	0,100	0,103	0,105	0,108	0,111
Solaire	[kWh/US\$]	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004
Comb. fossiles	[kWh/US\$]	0,176	0,158	0,140	0,124	0,108	0,094
Carburants	[kWh/US\$]	0,972	0,872	0,798	0,725	0,668	0,611
<b>Total AGR</b>	<b>[kWh/US\$]</b>	<b>1,290</b>	<b>1,175</b>	<b>1,087</b>	<b>0,999</b>	<b>0,929</b>	<b>0,861</b>

Figure 3.16. Tableaux 6-1 à 6-3 (Agriculture) de la feuille de calcul "FIN-ACM".

#### (e) Feuille de calcul "ManFac1-D" (Tableau 7)

Cette feuille de calcul contient à la fois des données d'entrée et des valeurs calculées par le modèle (variables dérivées). Les données d'entrée font référence aux poids des différents processus thermiques (production de vapeur, fours/usage direct de combustibles, chauffage & eau chaude sanitaire) dans la demande d'énergie thermique utile de chaque sous-secteur du secteur Industries manufacturières (Figure 3.17).

A partir de ces données, le modèle calcule la demande d'énergie utile pour les usages production de vapeur, fours/usage direct de combustibles et chauffage & eau chaude sanitaire, pour chaque sous-secteur du secteur Industries manufacturières et pour l'ensemble de ce secteur, comme on peut le voir dans les sous-tableaux suivants (Figure 3.18). Le nombre de ces sous-tableaux dépend du nombre de sous-secteurs du secteur Industries manufacturières.

#### (f) Feuille de calcul "ManFac2-D" (Tableau 8)

Dans le Tableau 8-1 de cette feuille de calcul, l'utilisateur spécifie la pénétration dans le marché des différentes formes d'énergie (électricité, pompes à chaleur, systèmes centralisés de production de chaleur, cogénération, systèmes solaires, combustibles traditionnels, et biomasse moderne) pour les usages thermiques auxquelles elles correspondent (production de vapeur, fours/usage direct de combustibles, chauffage & eau chaude sanitaire) dans le cadre de la demande d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières. Etant donnée leur nature, certaines formes d'énergie (pompes à chaleur, systèmes centralisés de production de chaleur, cogénération, systèmes solaires) ne sont pas appropriées pour les processus thermiques à très hautes températures (fours/usage direct des combustibles). Le logiciel

synthétise les données relatives aux pénétrations dans le Tableau 8-5 et calcule la pénétration agrégée moyenne de chaque forme d'énergie dans la demande totale d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières (Tableau 8-3).

Le Tableau 8-2 contient des données d'entrée concernant les rendements des différentes formes d'énergie, pour leurs usages thermiques, dans le secteur Industries manufacturières, ainsi que d'autres facteurs: coefficient de performance (COP) des pompes à chaleur, proportion approximative de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières qui pourrait être satisfaite par des installations solaires, rapport chaleur/électricité dans la production des installations de cogénération, et proportion de la biomasse moderne dans la quantité totale de combustible utilisé par les installations de cogénération (combustibles fossiles et biomasse moderne) (voir Chapitre 4, Tableau 4.1 pour les définitions de ces variables). Les trois dernières lignes de ce tableau contiennent les valeurs calculées par le logiciel des rendements moyens des trois types de combustibles (combustibles fossiles, combustibles traditionnels et biomasse moderne) utilisés pour la production d'énergie thermique utile dans les Industries manufacturières (voir Figure 3.19).

Le Tableau 8-4 contient les coefficients des équations utilisées pour prévoir la production d'acier, les besoins en matières premières énergétiques de l'industrie chimique et pétrochimique, et quelques paramètres utilisés pour calculer la demande de coke pour la production d'acier par des procédés non-électriques (voir Figure 3.20).

<b>Facteurs relatifs aux usages thermiques du secteur Industries manufacturières</b>							
<b>Répartition de la demande d'énergie thermique utile par usages thermiques</b>							
<b>Tableau 7-1</b>							
Matériaux de base	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Production de vapeur	[%]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Fours/Usage direct de combustibles	[%]	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000
Chauffage/Eau chaude sanitaire	[%]	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
<b>Tableau 7-2</b>							
Machines&equip.	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Production de vapeur	[%]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Fours/Usage direct de combustibles	[%]	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
Chauffage/Eau chaude sanitaire	[%]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
<b>Tableau 7-3</b>							
Biens de consom.	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Production de vapeur	[%]	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
Fours/Usage direct de combustibles	[%]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Chauffage/Eau chaude sanitaire	[%]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
<b>Tableau 7-4</b>							
Petites industries	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Production de vapeur	[%]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Fours/Usage direct de combustibles	[%]	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
Chauffage/Eau chaude sanitaire	[%]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000

Figure 3.17. Tableaux contenant les données d'entrée de la feuille de calcul "ManFac1-D".

Demande d'énergie utile pour les usages thermiques du secteur Industries manufacturières							
<b>Tableau 7-5</b>							
<b>Matériaux de base</b>	<b>Unité</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
Production de vapeur	GWa	0,075	0,094	0,117	0,140	0,163	0,179
Fours/Usage direct de combustibles	GWa	0,398	0,499	0,622	0,745	0,867	0,956
Chauffage/Eau chaude sanitaire	GWa	0,025	0,031	0,039	0,047	0,054	0,060
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,498</b>	<b>0,624</b>	<b>0,778</b>	<b>0,932</b>	<b>1,083</b>	<b>1,195</b>
<b>Tableau 7-6</b>							
<b>Machines&amp;equip.</b>	<b>Unité</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
Production de vapeur	GWa	0,002	0,003	0,005	0,007	0,010	0,012
Fours/Usage direct de combustibles	GWa	0,008	0,014	0,022	0,033	0,045	0,058
Chauffage/Eau chaude sanitaire	GWa	0,002	0,003	0,005	0,007	0,010	0,012
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,012</b>	<b>0,020</b>	<b>0,032</b>	<b>0,047</b>	<b>0,064</b>	<b>0,082</b>
<b>Tableau 7-7</b>							
<b>Biens de consom.</b>	<b>Unité</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
Production de vapeur	GWa	0,418	0,472	0,515	0,565	0,598	0,653
Fours/Usage direct de combustibles	GWa	0,090	0,101	0,110	0,121	0,128	0,140
Chauffage/Eau chaude sanitaire	GWa	0,090	0,101	0,110	0,121	0,128	0,140
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,597</b>	<b>0,675</b>	<b>0,736</b>	<b>0,807</b>	<b>0,854</b>	<b>0,932</b>
<b>Tableau 7-8</b>							
<b>Petites industries</b>	<b>Unité</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
Production de vapeur	GWa	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
Fours/Usage direct de combustibles	GWa	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
Chauffage/Eau chaude sanitaire	GWa	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>	<b>0,007</b>	<b>0,008</b>	<b>0,010</b>	<b>0,011</b>
<b>Tableau 7-9</b>							
<b>Total MAN</b>	<b>Unité</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
Production de vapeur	GWa	0,495	0,570	0,638	0,714	0,772	0,846
Fours/Usage direct de combustibles	GWa	0,499	0,617	0,759	0,905	1,046	1,160
Chauffage/Eau chaude sanitaire	GWa	0,117	0,136	0,155	0,176	0,194	0,214
<b>Total MAN</b>	<b>GWa</b>	<b>1,111</b>	<b>1,324</b>	<b>1,552</b>	<b>1,794</b>	<b>2,012</b>	<b>2,221</b>

Figure 3.18. Données calculées dans la feuille de calcul "ManFac1-D".

Tableau 8-1 Pénétration des formes d'énergie dans la demande d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières

Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité, production de vapeur	[%]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Electricité, fours/usage direct de comb.	[%]	7,000	8,000	9,000	10,000	12,000	14,000
Electricité, chauffage/eau chaude	[%]	2,000	3,000	4,000	6,000	8,000	10,000
De laquelle:							
Pompes à chaleur, production de vapeur	[%]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pompes à chaleur, chauffage/eau chaude	[%]	20,000	30,000	40,000	50,000	65,000	80,000
Système centralisé, production de vapeur	[%]	10,000	11,000	12,000	13,000	14,500	16,000
Système centralisé, chauffage/eau chaude	[%]	12,000	13,000	14,000	15,000	16,000	17,000
Cogénération, production de vapeur	[%]	14,000	15,000	16,000	17,000	18,000	19,000
Cogénération, chauffage/eau chaude	[%]	9,000	10,000	11,000	12,000	13,000	14,000
Solaire, production de vapeur	[%]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Solaire, chauffage/eau chaude	[%]	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000
Comb. traditionnels, production de vapeur	[%]	5,000	4,500	4,000	3,500	3,000	2,000
Comb. traditionnels, fours/usage dir. comb.	[%]	3,000	2,600	2,200	1,800	1,400	1,000
Comb. traditionnels, chauffage/eau chaude	[%]	5,000	4,500	4,000	3,500	3,000	2,000
Biomasse moderne, production de vapeur	[%]	2,000	3,000	4,000	6,000	8,000	10,000
Biomasse moderne, fours/usage dir. comb.	[%]	2,000	3,000	4,000	6,000	8,000	10,000
Biomasse moderne, chauffage/eau chaude	[%]	2,000	3,000	4,000	6,000	8,000	10,000

Tableau 8-2 Rendements, rapports etc.

Facteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
COP des pompes à chaleur	[rapport]	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000
Part potentielle du solaire	[%]	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Rendement de cogénération	[%]	70,000	72,000	74,000	76,000	78,000	80,000
Rapport production de chaleur/électricité	[rapport]	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Part de la biomasse dans la cogénération	[%]	4,000	6,000	8,000	10,000	12,500	15,000
Rend. comb. foss., production de vapeur	[%]	70,000	71,000	72,000	73,000	74,000	75,000
Rend. comb. foss., fours/usage dir. comb.	[%]	60,000	61,000	62,000	63,000	64,000	65,000
Rend. comb. foss., chauffage/eau chaude	[%]	60,000	61,000	62,000	63,000	64,000	65,000
Rend. comb. trad., production de vapeur	[%]	30,000	32,000	34,000	36,000	38,000	40,000
Rend. comb. trad., fours/usage dir. comb.	[%]	30,000	32,000	34,000	36,000	38,000	40,000
Rend. comb. trad., chauffage/eau chaude	[%]	25,000	27,000	29,000	31,000	33,000	35,000
Rend. biomasse mod., production de vapeur	[%]	40,000	42,000	44,000	46,000	48,000	50,000
Rend. biomasse mod., fours/usage dir. comb.	[%]	40,000	42,000	44,000	46,000	48,000	50,000
Rend. biomasse mod., chauffage/eau chaude	[%]	35,000	37,000	39,000	41,000	43,000	45,000
Rend. moyen des combustibles fossiles	[%]	63,535	64,364	65,154	65,996	66,837	67,792
Rend. moyen des combustibles traditionnels	[%]	29,249	31,257	33,264	35,260	37,247	39,268
Rend. moyen de la biomasse moderne	[%]	39,407	41,423	43,442	45,455	47,468	49,470

Figure 3.19. Tableaux 8-1 et 8-2 de la feuille de calcul "ManFac2-D".

Tableau 8-4 Facteurs relatifs à la consommation de coke et de matière première pour l'industrie chimique et pétrochimique:

Facteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Production d'acier (constante)	[Mt]	-1,460	-1,460	-1,460	-1,460	-1,460	-1,460
Production d'acier (variable)	[Mt/VAMan(1)]	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910
Part de l'acier non-électrique	[%]	100,000	90,000	80,000	70,000	60,000	50,000
Cons. spécifique de fonte par tonne d'acier	[%]	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000
Usage du coke par tonne de fonte	[kg/ton]	750,000	540,000	530,000	520,000	510,000	500,000
Matière première ind. pétroch. (constante)	[Mt]	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Matière première ind. pétroch. (variable)	[Mt/VAMan(1)]	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Production d'acier	[Mt]	0,623	1,288	2,155	3,125	4,205	5,206
Matière première pour ind. pétroch.	[Mt]	0,664	0,873	1,145	1,450	1,789	2,104

Figure 3.20. Tableau 8-4 de la feuille de calcul "ManFac2-D".

**(g) Feuille de calcul “FIN\_Ind-D” (Tableau 9)**

Cette feuille de calcul contient les valeurs calculées par le logiciel des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale des différentes formes d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, systèmes centralisés de production de chaleur, systèmes solaires, combustibles fossiles, carburants, coke et matières premières énergétiques pour l'industrie chimique et pétrochimique) pour le secteur Industries manufacturières (Tableaux 9-1 à 9-3, voir Figure 3.21) et pour le secteur agrégé Industrie (Tableaux 9-4 à 9-6, voir Figure 3.22). Pour chaque secteur, la demande d'énergie finale de chaque source d'énergie est exprimée en valeur absolue (unité par défaut: GWa), en pourcentage de la demande totale d'énergie finale du secteur (%) et en termes d'intensité énergétique (kWh/MU).

<b>Demande d'énergie finale du secteur Industrie</b>							
<b>Demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières</b>							
<b>Tableau 9-1 Demande totale d'énergie finale du secteur Industries manufacturières (valeurs absolues)</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	0,156	0,153	0,146	0,135	0,117	0,084
Biomasse moderne	GWa	0,062	0,107	0,160	0,262	0,374	0,497
Electricité	GWa	0,380	0,519	0,711	0,944	1,234	1,492
Systèmes centralisés	GWa	0,064	0,080	0,098	0,119	0,143	0,172
Solaire	GWa	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
Comb. fossiles	GWa	1,488	1,711	1,940	2,133	2,250	2,332
Carburants	GWa	0,061	0,083	0,113	0,149	0,191	0,235
Coke	GWa	0,347	0,465	0,679	0,846	0,957	0,968
Mat. prem. ind. pétroch.	GWa	0,882	1,159	1,521	1,926	2,376	2,794
<b>Total MAN</b>	<b>GWa</b>	<b>3,440</b>	<b>4,280</b>	<b>5,369</b>	<b>6,516</b>	<b>7,646</b>	<b>8,578</b>
<b>Tableau 9-2 Demande totale d'énergie finale du secteur Industries manufacturières (pourcentages)</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	4,531	3,576	2,712	2,064	1,532	0,974
Biomasse moderne	[%]	1,816	2,497	2,982	4,019	4,894	5,790
Electricité	[%]	11,055	12,130	13,242	14,485	16,140	17,398
Systèmes centralisés	[%]	1,849	1,879	1,831	1,830	1,870	2,003
Solaire	[%]	0,014	0,025	0,035	0,043	0,051	0,060
Comb. fossiles	[%]	43,243	39,992	36,124	32,743	29,429	27,185
Carburants	[%]	1,766	1,936	2,103	2,281	2,501	2,738
Coke	[%]	10,092	10,874	12,649	12,981	12,511	11,282
Mat. prem. ind. pétroch.	[%]	25,634	27,090	28,322	29,554	31,072	32,568
<b>Tableau 9-3 Demande totale d'énergie finale par unité de valeur ajoutée, secteur Industries manufacturières</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[kWh/US\$]	0,313	0,224	0,155	0,108	0,073	0,042
Biomasse moderne	[kWh/US\$]	0,126	0,156	0,170	0,210	0,232	0,249
Electricité	[kWh/US\$]	0,764	0,759	0,757	0,758	0,765	0,749
Systèmes centralisés	[kWh/US\$]	0,128	0,118	0,105	0,096	0,089	0,086
Solaire	[kWh/US\$]	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003
Comb. fossiles	[kWh/US\$]	2,988	2,501	2,065	1,713	1,396	1,170
Carburants	[kWh/US\$]	0,122	0,121	0,120	0,119	0,119	0,118
Coke	[kWh/US\$]	0,697	0,680	0,723	0,679	0,593	0,486
Mat. prem. ind. pétroch.	[kWh/US\$]	1,771	1,694	1,619	1,546	1,474	1,402
<b>Total MAN</b>	<b>[kWh/US\$]</b>	<b>6,909</b>	<b>6,254</b>	<b>5,717</b>	<b>5,231</b>	<b>4,743</b>	<b>4,306</b>

Figure 3.21. Tableaux 9-1 à 9-3 de la feuille de calcul "FIN\_Ind-D".

<b>Demande d'énergie finale du secteur Industrie</b>							
<b>Tableau 9-4 Demande totale d'énergie finale du secteur Industrie (valeurs absolues)</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	0,196	0,195	0,187	0,173	0,151	0,113
Biomasse moderne	GWa	0,068	0,121	0,184	0,295	0,419	0,554
Electricité	GWa	0,485	0,662	0,882	1,143	1,460	1,746
Systèmes centralisés	GWa	0,064	0,080	0,098	0,119	0,143	0,172
Solaire	GWa	0,000	0,002	0,004	0,006	0,009	0,012
Comb. fossiles	GWa	1,696	1,961	2,206	2,411	2,532	2,613
Carburants	GWa	1,051	1,203	1,320	1,415	1,516	1,587
Coke	GWa	0,347	0,465	0,679	0,846	0,957	0,968
Mat. prem. ind. pétroch.	GWa	0,882	1,159	1,521	1,926	2,376	2,794
<b>Total IND</b>	<b>GWa</b>	<b>4,790</b>	<b>5,850</b>	<b>7,081</b>	<b>8,333</b>	<b>9,563</b>	<b>10,557</b>
<b>Tableau 9-5 Demande totale d'énergie finale du secteur Industrie (pourcentages)</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	4,098	3,341	2,634	2,071	1,584	1,069
Biomasse moderne	[%]	1,425	2,075	2,600	3,536	4,381	5,243
Electricité	[%]	10,135	11,312	12,463	13,712	15,271	16,537
Systèmes centralisés	[%]	1,328	1,375	1,389	1,431	1,495	1,628
Solaire	[%]	0,010	0,035	0,056	0,076	0,093	0,111
Comb. fossiles	[%]	35,412	33,523	31,154	28,933	26,476	24,750
Carburants	[%]	21,936	20,567	18,637	16,983	15,853	15,033
Coke	[%]	7,248	7,955	9,592	10,150	10,003	9,167
Mat. prem. ind. pétroch.	[%]	18,409	19,817	21,476	23,108	24,844	26,462
<b>Tableau 9-6 Demande totale d'énergie finale par unité de valeur ajoutée, secteur Industrie</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[kWh/US\$]	0,119	0,089	0,068	0,052	0,039	0,025
Biomasse moderne	[kWh/US\$]	0,041	0,055	0,068	0,089	0,107	0,122
Electricité	[kWh/US\$]	0,293	0,300	0,324	0,347	0,373	0,386
Systèmes centralisés	[kWh/US\$]	0,038	0,036	0,036	0,036	0,037	0,038
Solaire	[kWh/US\$]	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003
Comb. fossiles	[kWh/US\$]	1,025	0,890	0,810	0,731	0,647	0,577
Carburants	[kWh/US\$]	0,635	0,546	0,484	0,429	0,387	0,351
Coke	[kWh/US\$]	0,210	0,211	0,249	0,257	0,244	0,214
Mat. prem. ind. pétroch.	[kWh/US\$]	0,533	0,526	0,558	0,584	0,607	0,617
<b>Total IND</b>	<b>[kWh/US\$]</b>	<b>2,895</b>	<b>2,654</b>	<b>2,598</b>	<b>2,528</b>	<b>2,442</b>	<b>2,332</b>

Figure 3.22. Tableaux 9-4 à 9-6 de la feuille de calcul "FIN\_Ind-D".

### 3.3.7 Feuilles de calcul du secteur Transport (Tableaux 10 à 13)

Quatre feuilles de calcul permettent d'analyser la demande d'énergie du secteur Transport: "FrTrp-D", utilisée pour écrire les données d'entrée relatives au transport de marchandises et pour montrer les résultats des calculs du logiciel pour ce sous-secteur; "PassIntra-D", ayant la même fonction mais pour le transport urbain de passagers; "PassInter-D" pour le transport interurbain de passagers; et "FIN\_Trp-D", qui totalise la demande d'énergie pour l'ensemble du secteur Transport. Tous les calculs de demande d'énergie du secteur Transport se font directement en termes d'énergie finale.

#### (a) Feuille de calcul "FrTrp-D" (Tableau 10)

Cette feuille de calcul est réservée au transport de marchandises. Comme présenté en Figure 3.23, les données d'entrée nécessaires pour ce sous-secteur sont les coefficients des différents termes de l'équation utilisée pour évaluer le niveau total d'activité (tonne-kilomètres) du sous-secteur (Tableau 10-1), la désagrégation de cette activité par modes de transport (Tableau 10-3) et les intensités énergétiques (en unités naturelles) des modes de transport de marchandises correspondants (Tableau 10-4).

## Transport de marchandises

**Tableau 10-1 Génération de la demande de transport de marchandises-kilomètres**

Secteurs/Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Fermes	[tkm/US\$]	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816
Elevage	[tkm/US\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sylviculture	[tkm/US\$]	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816
Pêche	[tkm/US\$]	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816
Bâtiments	[tkm/US\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Infrastructure	[tkm/US\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Minerai	[tkm/US\$]	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Charbon	[tkm/US\$]	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Autres	[tkm/US\$]	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Matériaux de base	[tkm/US\$]	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
Machines&equip.	[tkm/US\$]	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Biens de consom.	[tkm/US\$]	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Petites industries	[tkm/US\$]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Comm.& tourisme	[tkm/US\$]	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Admin. publique	[tkm/US\$]	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Finances&affaires	[tkm/US\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Autres	[tkm/US\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Énergie	[tkm/US\$]	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Valeur de base	[10 <sup>9</sup> tkm]	43,800	43,800	43,800	43,800	43,800	43,800

**Tableau 10-2 Total marchandises-kilomètres**

Paramètre	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Marchandises-km	[10 <sup>9</sup> tkm]	58,695	63,326	68,484	74,512	81,482	89,095

**Tableau 10-3 Structure du sous-secteur Transport de marchandises par mode de transport**

Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Camion local	[%]	20,000	21,000	22,000	23,000	24,000	25,000
Camion long. dist.	[%]	25,000	24,000	23,000	22,000	21,000	20,000
Train diesel	[%]	30,000	28,000	26,000	24,000	22,000	20,000
Train électrique	[%]	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000	20,000
Train à charbon	[%]	5,000	4,000	3,000	2,000	1,000	0,000
Barge	[%]	3,000	3,200	3,400	3,600	3,800	4,000
Pipeline (diesel)	[%]	4,000	4,400	4,800	5,200	5,600	6,000
Pipeline (élec.)	[%]	3,000	3,400	3,800	4,200	4,600	5,000

**Tableau 10-4 Intensités énergétiques des modes de transport de marchandises (unités naturelles)**

Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Camion local	[l/100tkm]	11,500	11,500	11,400	11,300	11,200	11,100
Camion long. dist.	[l/100tkm]	9,250	9,250	9,200	9,100	9,000	8,900
Train diesel	[l/100tkm]	2,310	2,300	2,290	2,280	2,270	2,260
Train électrique	[kWh/100tkm]	6,500	6,500	6,400	6,300	6,200	6,100
Train à charbon	[kgec/100tkm]	13,150	13,150	13,150	13,150	13,150	13,150
Barge	[l/100tkm]	2,300	2,300	2,290	2,280	2,270	2,250
Pipeline (diesel)	[l/100tkm]	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Pipeline (élec.)	[kWh/100tkm]	6,050	6,050	6,050	6,050	6,050	6,050

Figure 3.23. Tableaux de données d'entrée de la feuille de calcul "FrTrp-D".

Les modes de transport de marchandises sont ceux spécifiés par l'utilisateur dans la feuille de calcul "Defs". Le logiciel calcule et affiche dans cette feuille de calcul les résultats suivants: le niveau total d'activité du transport de marchandises, exprimé en 10<sup>9</sup> tonne-kilomètres (Tableau 10-2); les intensités énergétiques des différents modes de transport de marchandises, exprimées dans une unité d'énergie commune - kWh/100t-km (Tableau 10-5); la consommation d'énergie totale et par mode de transport de ce sous-secteur (Tableau 10-6), mais aussi par forme d'énergie (Tableau 10-7) et par groupe de formes d'énergie: électricité, charbon et carburants (Tableau 10-8). La taille du Tableau 10 dépend du nombre de sous-secteurs choisis par l'utilisateur (pour les secteurs Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières, et Services), du nombre de modes de transport de marchandises et



du nombre de formes d'énergie utilisées par ces modes de transport. La Figure 3.24 présente les sous-tableaux de résultats de cette feuille de calcul.

Tableau 10-5 Intensités énergétiques des modes de transport de marchandises (unités d'énergie)							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Camion local	[kWh/100tkm]	115,154	115,154	114,153	113,152	112,150	111,149
Camion long. dist.	[kWh/100tkm]	92,624	92,624	92,124	91,122	90,121	89,120
Train diesel	[kWh/100tkm]	23,131	23,031	22,931	22,831	22,730	22,630
Train électrique	[kWh/100tkm]	6,500	6,500	6,400	6,300	6,200	6,100
Train à charbon	[kWh/100tkm]	107,054	107,054	107,054	107,054	107,054	107,054
Barge	[kWh/100tkm]	23,031	23,031	22,931	22,831	22,730	22,530
Pipeline (diesel)	[kWh/100tkm]	8,011	8,011	8,011	8,011	8,011	8,011
Pipeline (élec.)	[kWh/100tkm]	6,050	6,050	6,050	6,050	6,050	6,050

Tableau 10-6 Consommation d'énergie du sous-secteur transport de marchandises (par mode de transport)							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Camion local	GWa	1,543	1,748	1,963	2,214	2,504	2,826
Camion long. dist.	GWa	1,552	1,607	1,656	1,705	1,760	1,813
Train diesel	GWa	0,465	0,466	0,466	0,466	0,465	0,460
Train électrique	GWa	0,044	0,056	0,070	0,086	0,104	0,124
Train à charbon	GWa	0,359	0,310	0,251	0,182	0,100	0,000
Barge	GWa	0,046	0,053	0,061	0,070	0,080	0,092
Pipeline (diesel)	GWa	0,021	0,025	0,030	0,035	0,042	0,049
Pipeline (élec.)	GWa	0,012	0,015	0,018	0,022	0,026	0,031
Total	GWa	4,042	4,281	4,516	4,780	5,080	5,395

Tableau 10-7 Consommation d'énergie du sous-secteur transport de marchandises (par type d'énergie)							
Types d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,056	0,071	0,088	0,107	0,130	0,155
Charbon	GWa	0,359	0,310	0,251	0,182	0,100	0,000
Gas-oil	GWa	3,627	3,900	4,177	4,490	4,851	5,240
Total	GWa	4,042	4,281	4,516	4,780	5,080	5,395

Tableau 10-8 Consommation d'énergie du sous-secteur transport de marchandises (par groupe d'énergies)							
Groupes d'énergies	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,056	0,071	0,088	0,107	0,130	0,155
Charbon	GWa	0,359	0,310	0,251	0,182	0,100	0,000
Carburants	GWa	3,627	3,900	4,177	4,490	4,851	5,240
Total	GWa	4,042	4,281	4,516	4,780	5,080	5,395

Figure 3.24. Tableaux de résultats de la feuille de calcul "FrTrp-D".

### (b) Feuille de calcul "PassIntra-D" (Tableau 11)

Cette feuille de calcul concerne le transport urbain de passagers. La première donnée d'entrée requise est la distance urbaine parcourue par personne urbaine et par jour (Tableau 11-1). Celle-ci, en combinaison avec la population urbaine de la feuille de calcul "Demogr-D", est utilisée pour déterminer le trafic urbain de passagers, exprimé en  $10^9$  passager-kilomètres (Tableau 11-4). Les autres données d'entrée utilisées sont les facteurs de charge (Tableau 11-2) des modes de transport urbain de passagers choisis par l'utilisateur dans la feuille de calcul "Defs", la répartition du trafic urbain de passagers par modes de transport (Tableau 11-3), et les intensités énergétiques (en unités naturelles) des différents modes (Tableau 11-5). Les résultats obtenus, après calcul par le logiciel, affichés dans cette feuille de calcul sont le trafic urbain de passagers ( $10^9$  passager-km) total et par mode de transport (Tableau 11-4); les intensités énergétiques de ces modes exprimées en kWh/p-km (Tableau 11-6), la consommation d'énergie totale, par mode de transport (Tableau 11-7), par forme d'énergie (Tableau 11-8) et par groupe de formes d'énergie, c'est à dire électricité et carburants<sup>3</sup> (Tableau 11-9). La taille du Tableau 11 dépend du nombre de modes de transport urbain de

<sup>3</sup> Le troisième type d'énergie pour lequel le logiciel fait ce type de regroupement est le charbon, mais il n'est pas pris en considération pour le transport urbain de passagers.



passagers définis par l'utilisateur (feuille de calcul "Defs") et du nombre de formes d'énergie utilisées par ces modes de transport. La Figure 3.25 représente les sous-tableaux contenant les données d'entrée de cette feuille de calcul, tandis que les valeurs calculées des variables dérivées sont présentées en Figure 3.26.

<b>Transport urbain de passagers</b>							
<b>Tableau 11-1 Distance parcourue</b>							
Paramètre	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Distance urbaine parcourue	km/personne/jour	3,300	3,500	4,000	4,500	5,000	6,000
<b>Tableau 11-2 Facteurs de charge</b>							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Voiture essence	[prsn/Voiture essence]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Voiture diesel	[prsn/Voiture diesel]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Voiture alcool	[prsn/Voiture alcool]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Voiture GPL	[prsn/Voiture GPL]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Voiture élec.	[prsn/Voiture électrique]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Bus diesel	[prsn/Bus diesel]	60,000	60,000	55,000	50,000	45,000	40,000
Bus GNC	[prsn/Bus GNC]	60,000	58,000	55,000	50,000	45,000	40,000
Métro el.	[prsn/Métro el.]	500,000	480,000	460,000	440,000	420,000	400,000
Tramway él.	[prsn/Tramway él.]	100,000	96,000	92,000	88,000	84,000	80,000
Trolleybus él.	[prsn/Trolleybus él.]	60,000	58,000	55,000	50,000	45,000	40,000
<b>Tableau 11-3 Structure du sous-secteur Transport urbain de passagers par mode de transport</b>							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Voiture essence	[%]	6,000	6,500	7,000	8,000	9,000	10,000
Voiture diesel	[%]	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000
Voiture alcool	[%]	0,000	0,000	1,000	2,000	3,000	5,000
Voiture GPL	[%]	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000
Voiture élec.	[%]	0,000	0,000	0,000	1,000	2,000	4,000
Bus diesel	[%]	75,000	75,000	70,000	60,000	50,000	40,000
Bus GNC	[%]	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	5,000
Métro el.	[%]	0,000	0,000	0,000	3,000	6,000	10,000
Tramway él.	[%]	0,000	0,000	3,000	5,000	7,000	10,000
Trolleybus él.	[%]	16,000	13,000	11,000	10,000	9,000	5,000
<b>Tableau 11-5 Intensités énergétiques des modes de transport urbain de passagers (unités naturelles)</b>							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Voiture essence	[l/100km]	11,000	10,900	10,800	10,700	10,600	10,500
Voiture diesel	[l/100km]	10,000	9,900	9,800	9,700	9,600	9,500
Voiture alcool	[l/100km]	16,000	15,900	15,800	15,700	15,600	15,500
Voiture GPL	[l/100km]	14,000	13,900	13,800	13,700	13,600	13,500
Voiture élec.	[kWh/100km]	30,000	29,800	29,600	29,400	29,200	29,000
Bus diesel	[l/100km]	35,000	34,800	34,600	34,400	34,200	34,000
Bus GNC	[l/100km]	45,000	44,700	44,400	44,100	43,800	43,500
Métro el.	[kWh/100km]	800,000	790,000	780,000	770,000	760,000	750,000
Tramway él.	[kWh/100km]	500,000	495,000	490,000	485,000	480,000	475,000
Trolleybus él.	[kWh/100km]	300,000	295,000	290,000	285,000	280,000	275,000

Figure 3.25. Tableaux contenant les données d'entrée de la feuille de calcul "PassIntra-D"

Tableau 11-4 Transport urbain de passagers par modes de transport							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Total	[10 <sup>9</sup> pkm]	5,075	6,366	8,506	11,060	14,041	19,036
Voiture essence	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,304	0,414	0,595	0,885	1,264	1,904
Voiture diesel	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,051	0,095	0,170	0,332	0,562	0,952
Voiture alcool	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,000	0,000	0,085	0,221	0,421	0,952
Voiture GPL	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,051	0,127	0,255	0,442	0,702	1,142
Voiture élec.	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,000	0,000	0,000	0,111	0,281	0,761
Bus diesel	[10 <sup>9</sup> pkm]	3,806	4,775	5,954	6,636	7,021	7,614
Bus GNC	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,051	0,127	0,255	0,442	0,702	0,952
Métro él.	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,000	0,000	0,000	0,332	0,842	1,904
Tramway él.	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,000	0,000	0,255	0,553	0,983	1,904
Trolleybus él.	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,812	0,828	0,936	1,106	1,264	0,952

Tableau 11-6 Intensités énergétiques des modes de transport urbain de passagers (unités d'énergie)							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Voiture essence	[kWh/pkm]	0,515	0,511	0,506	0,501	0,497	0,492
Voiture diesel	[kWh/pkm]	0,501	0,496	0,491	0,486	0,481	0,476
Voiture alcool	[kWh/pkm]	0,491	0,488	0,485	0,482	0,479	0,476
Voiture GPL	[kWh/pkm]	0,488	0,485	0,481	0,478	0,474	0,471
Voiture élec.	[kWh/pkm]	0,150	0,149	0,148	0,147	0,146	0,145
Bus diesel	[kWh/pkm]	0,058	0,058	0,063	0,069	0,076	0,085
Bus GNC	[kWh/pkm]	0,040	0,041	0,043	0,046	0,051	0,057
Métro él.	[kWh/pkm]	0,016	0,016	0,017	0,018	0,018	0,019
Tramway él.	[kWh/pkm]	0,050	0,052	0,053	0,055	0,057	0,059
Trolleybus él.	[kWh/pkm]	0,050	0,051	0,053	0,057	0,062	0,069

Tableau 11-7 Consommation d'énergie du sous-secteur transport urbain de passagers (par mode de transport)							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Voiture essence	GWa	0,018	0,024	0,034	0,051	0,072	0,107
Voiture diesel	GWa	0,003	0,005	0,010	0,018	0,031	0,052
Voiture alcool	GWa	0,000	0,000	0,005	0,012	0,023	0,052
Voiture GPL	GWa	0,003	0,007	0,014	0,024	0,038	0,061
Voiture élec.	GWa	0,000	0,000	0,000	0,002	0,005	0,013
Bus diesel	GWa	0,025	0,032	0,043	0,052	0,061	0,074
Bus GNC	GWa	0,000	0,001	0,001	0,002	0,004	0,006
Métro él.	GWa	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,004
Tramway él.	GWa	0,000	0,000	0,002	0,003	0,006	0,013
Trolleybus él.	GWa	0,005	0,005	0,006	0,007	0,009	0,007
Total	GWa	0,054	0,074	0,114	0,173	0,250	0,389

Tableau 11-8 Consommation d'énergie du sous-secteur transport urbain de passagers (par type d'énergie)							
Types d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,005	0,005	0,007	0,013	0,022	0,037
Gas-oil	GWa	0,028	0,037	0,052	0,071	0,092	0,126
Essence	GWa	0,018	0,024	0,034	0,051	0,072	0,107
GPL	GWa	0,003	0,007	0,014	0,024	0,038	0,061
GNC	GWa	0,000	0,001	0,001	0,002	0,004	0,006
Alcool	GWa	0,000	0,000	0,005	0,012	0,023	0,052
Total	GWa	0,054	0,074	0,114	0,173	0,250	0,389

Tableau 11-9 Consommation d'énergie du sous-secteur transport urbain de passagers (par groupe d'énergies)							
Groupes d'énergies	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,005	0,005	0,007	0,013	0,022	0,037
Charbon (non valable)	GWa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Carburants	GWa	0,049	0,069	0,107	0,160	0,229	0,352
Total	GWa	0,054	0,074	0,114	0,173	0,250	0,389

Figure 3.26. Tableaux de résultats de la feuille de calcul "PassIntra-D".

### **(c) Feuille de calcul “PassInter-D” (Tableau 12)**

Cette feuille de calcul est relative au transport interurbain de passagers, mais aussi au transport international et militaire. La première donnée d’entrée requise est la distance interurbaine parcourue par personne et par an (Tableau 12-1). Celle-ci est utilisée, avec la population totale de la feuille de calcul “Demogr-D”, pour déterminer le niveau de trafic interurbain de passagers (10<sup>9</sup> passager-kilomètres). Ce trafic est présenté dans le Tableau 12-1. Le Tableau 12-2 contient deux autres paramètres de scénario très importants: le taux de motorisation (c’est à dire le rapport entre la population totale et le nombre total de voitures) et la distance moyenne interurbaine parcourue par voiture et par an. A partir de ces paramètres, le modèle calcule le trafic interurbain de passagers effectué en voitures, le reste du trafic étant assuré par des modes de transport publics (Tableau 12-4). Les autres données d’entrée de ce sous-secteur sont les facteurs de charge des différents modes de transport<sup>4</sup> (Tableau 12-3), la répartition (%) du trafic interurbain de voiture par type de voiture (Tableau 12-5), la répartition (%) du trafic interurbain public par mode de transport (Tableau 12-7), et les intensités énergétiques des différents modes de transport, exprimées en unités naturelles (Tableau 12-9).

Les variables dérivées, en dehors de celles déjà mentionnées, pour lesquelles le logiciel calcule et affiche les valeurs correspondant aux années de référence de l’analyse sont: le trafic par type de voiture (Tableau 12-6) et par type de mode de transport public (Tableau 12-8); les intensités énergétiques de l’ensemble des modes de transport (personnels et publics) exprimées en kWh/p-km (Tableau 12-10); et la consommation d’énergie par mode de transport (Tableau 12-11), par forme d’énergie (Tableau 12-12) et par groupe de formes d’énergie: électricité, charbon et carburants (Tableau 12-13).

En ce qui concerne le transport international et militaire, l’utilisateur doit entrer dans cette feuille de calcul les valeurs des deux coefficients qui lient la consommation de carburants de ce type de transport au PIB total par une relation linéaire (Tableau 12-14). Le logiciel calcule directement la consommation d’énergie de ce type de transport et l’affiche dans la dernière ligne du même tableau.

Le dernier tableau de cette feuille de calcul (Tableau 12-15) représente la demande totale d’énergie finale du transport (interurbain et urbain) de passagers et du transport international et militaire séparée en trois groupes distincts: électricité, charbon et carburants.

La taille du Tableau 12 dépend du nombre de modes de transport interurbain de passagers définis par l’utilisateur (feuille de calcul “Defs”) et du nombre de formes d’énergie utilisées par ces modes de transport. Les sous-tableaux contenant les données d’entrée de cette feuille de calcul sont présentés en Figure 3.27, tandis que les valeurs calculées des variables dérivées sont illustrées en Figure 3.28.

### **(d) Feuille de calcul “FIN\_Trp-D” (Tableau 13)**

Finalement, la feuille de calcul “FIN\_Trp-D” additionne les résultats de l’ensemble des activités de transport et présente (i) la demande d’énergie finale du secteur Transport par forme d’énergie et son total (Tableau 13-1), la demande par groupe de formes d’énergie, à savoir électricité, charbon et carburants (Tableau 13-3), la demande par sous-secteur (marchandises, passagers urbain, passagers interurbain, et international & militaire) (Tableau 13-5) et (ii) la part des différentes formes d’énergie dans la demande totale d’énergie du secteur Transport (Tableau 13-2), la part des groupes de formes d’énergie (Tableau 13-4) et la

---

<sup>4</sup> Dans le modèle, on suppose que tous les types de voitures ont le même facteur de charge pour le trafic interurbain.

part des sous-secteurs (Tableau 13-6). La Figure 3.29 présente la feuille de calcul “FIN\_Trp-D”.

### 3.3.8 Feuilles de calcul pour le secteur Ménages (Tableaux 14 à 16)

Trois feuilles de calcul permettent d’analyser la demande d’énergie du secteur Ménages: “US\_HH\_Ur-D” est utilisée pour entrer les données d’entrée relatives aux logements urbains et pour présenter les résultats des calculs du modèle concernant la demande d’énergie utile des ménages urbains; “US\_HH\_Rr-D” a la même fonction mais pour les logements ruraux; et “FIN\_HH-D” calcule la demande d’énergie finale des ménages urbains, ruraux et totalise la demande d’énergie pour l’ensemble du secteur Ménages. Comme cela a déjà été mentionné au Chapitre 2, les catégories d’utilisation finale de l’énergie considérées pour le secteur Ménages sont le chauffage, l’eau chaude sanitaire, la cuisson, la climatisation, et les appareils domestiques (réfrigérateurs, machines à laver, éclairage etc.). La demande d’énergie pour la production d’eau chaude sanitaire, pour la cuisson et pour les appareils domestiques est calculée sur la base des consommations moyennes spécifiques d’énergie pour tous les logements du sous-secteur (urbain ou rural), tandis que la demande d’énergie pour le chauffage et la climatisation est calculée séparément pour chacun des types de logements définis par l’utilisateur dans la feuille de calcul “Defs” et pour chaque sous-secteur.

Transport interurbain de passagers							
<b>Tableau 12-1 Distance parcourue</b>							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Distance interurbaine	[km/prsn/an]	1500,000	1700,000	2000,000	2400,000	2900,000	3300,000
Total	[10 <sup>9</sup> pkm]	28,725	36,833	48,551	64,641	85,815	106,239
<b>Tableau 12-2 Facteurs relatifs au transport interurbain de passagers par voiture</b>							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Taux de motorisation	[personnes/voiture]	50,000	45,000	40,000	35,000	30,000	20,000
Voiture-kilomètres	[km/voiture/an]	5000,000	5500,000	6000,000	6500,000	7000,000	8000,000
<b>Tableau 12-3 Facteurs de charge</b>							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Avion	[%occupé]	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
Modes privés (voitures)	[personnes/voiture]	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Grand bus	[prsn/Bus grand]	45,000	43,000	40,000	37,000	35,000	35,000
Petit bus	[prsn/Bus petit]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Train diesel	[prsn/Train diesel]	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
Train électrique	[prsn/Train électrique]	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000
Train à charbon	[prsn/Train charbon]	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
<b>Tableau 12-5 Structure du sous-secteur Transport interurbain privé de passagers par type de voiture</b>							
Types de voiture	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Voiture essence	[%]	60,000	60,000	58,000	56,000	53,000	50,000
Voiture diesel	[%]	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Voiture alcool	[%]	0,000	0,000	2,000	4,000	7,000	10,000
<b>Tableau 12-7 Répartition du transport interurbain public de passagers par mode de transport</b>							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Avion	[%]	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
Grand bus	[%]	35,000	34,000	33,000	32,000	31,000	31,000
Petit bus	[%]	30,000	31,000	32,000	33,000	34,000	34,000
Train diesel	[%]	15,000	13,000	11,000	9,000	8,000	7,000
Train électrique	[%]	10,000	12,000	14,000	16,000	17,000	18,000
Train à charbon	[%]	5,000	4,000	3,000	2,000	1,000	0,000
<b>Tableau 12-9 Intensités énergétiques des modes de transport interurbain de passagers (unités naturelles)</b>							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Avion	[l/1000seatkm]	87,500	85,000	82,500	82,000	77,500	75,000
Voiture essence	[l/100km]	9,500	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Voiture diesel	[l/100km]	9,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Voiture alcool	[l/100km]	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000
Grand bus	[l/100km]	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Petit bus	[l/100km]	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000
Train diesel	[l/100km]	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000
Train électrique	[kWh/100km]	650,000	650,000	650,000	650,000	650,000	650,000
Train à charbon	[kgec/100km]	1315,000	1315,000	1315,000	1315,000	1315,000	1315,000
<b>Tableau 12-14 Consommation d’énergie du sous-secteur transport international et militaire</b>							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Constante	GWa	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Variable	[kWh/US\$]	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Total	GWa	0,125	0,157	0,195	0,242	0,298	0,364

Figure 3.27. Tableaux contenant les données d’entrée de la feuille de calcul “PassInter-D”.

Tableau 12-4 Transport interurbain de passagers par mode de transport (privé/public)							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Privé (voiture)	[10 <sup>9</sup> pkm]	5,745	7,944	10,924	15,006	20,714	38,632
Public	[10 <sup>9</sup> pkm]	22,980	28,889	37,627	49,635	65,101	67,607
Tableau 12-6 Transport interurbain privé de passagers par type de voiture							
Types de voiture	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Voiture essence	[10 <sup>9</sup> pkm]	3,447	4,767	6,336	8,403	10,978	19,316
Voiture diesel	[10 <sup>9</sup> pkm]	2,298	3,178	4,370	6,002	8,286	15,453
Voiture alcool	[10 <sup>9</sup> pkm]	0,000	0,000	0,218	0,600	1,450	3,863
Tableau 12-8 Transport interurbain public de passagers par mode de transport							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Avion	[10 <sup>9</sup> pkm]	1,149	1,733	2,634	3,971	5,859	6,761
Grand bus	[10 <sup>9</sup> pkm]	8,043	9,822	12,417	15,883	20,181	20,958
Petit bus	[10 <sup>9</sup> pkm]	6,894	8,955	12,041	16,379	22,134	22,986
Train diesel	[10 <sup>9</sup> pkm]	3,447	3,756	4,139	4,467	5,208	4,732
Train électrique	[10 <sup>9</sup> pkm]	2,298	3,467	5,268	7,942	11,067	12,169
Train à charbon	[10 <sup>9</sup> pkm]	1,149	1,156	1,129	0,993	0,651	0,000
Tableau 12-10 Intensités énergétiques des modes de transport interurbain de passagers (unités d'énergie)							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Avion	[kWh/pkm]	1,094	1,063	1,032	1,025	0,969	0,938
Voiture essence	[kWh/pkm]	0,297	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Voiture diesel	[kWh/pkm]	0,300	0,234	0,234	0,234	0,234	0,234
Voiture alcool	[kWh/pkm]	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225
Grand bus	[kWh/pkm]	0,067	0,070	0,075	0,081	0,086	0,086
Petit bus	[kWh/pkm]	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167
Train diesel	[kWh/pkm]	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Train électrique	[kWh/pkm]	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Train à charbon	[kWh/pkm]	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535
Tableau 12-11 Consommation d'énergie du sous-secteur transport interurbain de passagers (par mode de transport)							
Modes de transport	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Avion	GWa	0,144	0,210	0,310	0,465	0,648	0,724
Voiture essence	GWa	0,117	0,136	0,181	0,240	0,313	0,551
Voiture diesel	GWa	0,079	0,085	0,117	0,160	0,221	0,412
Voiture alcool	GWa	0,000	0,000	0,006	0,015	0,037	0,099
Grand bus	GWa	0,061	0,078	0,106	0,147	0,198	0,205
Petit bus	GWa	0,131	0,171	0,229	0,312	0,422	0,438
Train diesel	GWa	0,020	0,021	0,024	0,026	0,030	0,027
Train électrique	GWa	0,002	0,003	0,005	0,007	0,010	0,011
Train à charbon	GWa	0,070	0,071	0,069	0,061	0,040	0,000
Total	GWa	0,624	0,775	1,046	1,433	1,919	2,468
Tableau 12-12 Consommation d'énergie du sous-secteur transport interurbain de passagers (par type d'énergie)							
Types d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,002	0,003	0,005	0,007	0,010	0,011
Charbon	GWa	0,070	0,071	0,069	0,061	0,040	0,000
Gas-oil	GWa	0,291	0,355	0,476	0,645	0,870	1,082
Essence	GWa	0,117	0,136	0,181	0,240	0,313	0,551
Carburéacteur	GWa	0,144	0,210	0,310	0,465	0,648	0,724
Alcool	GWa	0,000	0,000	0,006	0,015	0,037	0,099
Total	GWa	0,624	0,775	1,046	1,433	1,919	2,468
Tableau 12-13 Consommation d'énergie du sous-secteur transport interurbain de passagers (par groupe d'énergies)							
Groupes d'énergies	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,002	0,003	0,005	0,007	0,010	0,011
Charbon	GWa	0,070	0,071	0,069	0,061	0,040	0,000
Carburants	GWa	0,551	0,701	0,973	1,365	1,869	2,456
Total	GWa	0,624	0,775	1,046	1,433	1,919	2,468
Tableau 12-15 Consommation d'énergie du transport de passagers urbain, interurbain et du transport international & militaire							
Groupes d'énergies	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,007	0,008	0,012	0,021	0,032	0,048
Charbon	GWa	0,070	0,071	0,069	0,061	0,040	0,000
Carburants	GWa	0,726	0,927	1,275	1,767	2,395	3,172
Total	GWa	0,803	1,005	1,356	1,848	2,467	3,220

Figure 3.28. Tableaux de résultats de la feuille de calcul "PassInter-D".

### (a) Feuille de calcul "US\_HH\_Ur-D" (Tableau 14)

Dans un premier temps, le logiciel détermine le nombre de logements urbains, en supposant que celui-ci est égal au nombre de ménages urbains calculé dans la feuille de calcul "Demogr-D" à partir des données d'entrée telles que le pourcentage (%) de population urbaine et la taille moyenne des ménages urbains (personnes/ménage). L'utilisateur doit ensuite spécifier certaines données d'entrée générales ayant un impact sur la demande d'énergie pour le chauffage des logements urbains (Tableau 14-1), à savoir:

- la proportion de logements urbains situés dans des régions où le chauffage est nécessaire;

- les degrés-jours moyens pour les logements urbains (voir Chapitre 4, Tableau 4.1 pour la définition de cette variable).

Le Tableau 14-2 inclut des données d'entrée concernant le chauffage et la climatisation par type de logement, à savoir:

- la répartition (%) des logements urbains par type (par rapport au nombre total de logements urbains);
- la superficie moyenne ( $m^2$ ) des logements urbains par type;
- la part (%) de superficie réellement chauffée pour un type donné de logement urbain;
- le coefficient spécifique de transfert de chaleur ( $Wh/m^2/^\circ C/h$ ) par type de logement urbain;
- la proportion (%) de logements urbains avec climatisation, par type de logement (par rapport au nombre total de logements urbains d'un type donné);
- la consommation spécifique d'énergie pour le refroidissement ( $kWh/lgmnt/an$ ) par type de logement.

Le Tableau 14-3 contient les consommations spécifiques moyennes d'énergie ainsi que d'autres données nécessaires au calcul de la demande d'énergie utile pour la cuisson, l'eau chaude sanitaire et les appareils domestiques, à savoir:

- la consommation spécifique d'énergie utile pour la cuisson des ménages urbains ( $kWh/lgmnt/an$ );
- la proportion (%) de logements urbains équipés de moyens de production d'eau chaude sanitaire;
- la consommation spécifique d'énergie utile pour la production d'eau chaude sanitaire ( $kWh/pers./an$ ) des ménages urbains;
- la consommation spécifique d'électricité ( $kWh/lgmnt/an$ , énergie finale) par logement urbain pour les appareils domestiques électriques (autre usage final que le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la cuisson et la climatisation);
- la part (%) de logements urbains électrifiés (c'est à dire le taux d'électrification des ménages urbains ou la pénétration de l'électricité pour les appareils domestiques des ménages urbains);
- la consommation spécifique de combustibles fossiles ( $kWh/lgmnt/an$ , énergie finale) par logement urbain pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques (autre usage final que le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la cuisson et la climatisation, principalement l'éclairage, mais aussi les réfrigérateurs non-électriques etc.).

Les tableaux contenant les données d'entrée précédentes pour le "Cas de démonstration" sont présentés en Figure 3.30.

## Demande d'énergie finale du secteur Transport

**Tableau 13-1 Demande d'énergie finale du secteur Transport (par forme d'énergie)**

Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,062	0,079	0,100	0,128	0,162	0,203
Charbon	GWa	0,429	0,380	0,320	0,243	0,139	0,000
Gas-oil	GWa	3,947	4,292	4,705	5,206	5,813	6,448
Essence	GWa	0,135	0,160	0,215	0,290	0,385	0,658
Carburéacteur	GWa	0,144	0,210	0,310	0,465	0,648	0,724
GPL	GWa	0,003	0,007	0,014	0,024	0,038	0,061
GNC	GWa	0,000	0,001	0,001	0,002	0,004	0,006
Alcool	GWa	0,000	0,000	0,010	0,028	0,060	0,151
Carb. pour Inter.& milit.	GWa	0,125	0,157	0,195	0,242	0,298	0,364
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>4,844</b>	<b>5,286</b>	<b>5,872</b>	<b>6,628</b>	<b>7,548</b>	<b>8,615</b>

**Tableau 13-2 Répartition par forme d'énergie de la demande d'énergie du secteur Transport**

Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	[%]	1,290	1,500	1,705	1,930	2,143	2,359
Charbon	[%]	8,853	7,191	5,451	3,663	1,846	0,000
Gas-oil	[%]	81,474	81,195	80,136	78,545	77,021	74,846
Essence	[%]	2,780	3,028	3,663	4,380	5,098	7,636
Carburéacteur	[%]	2,962	3,978	5,282	7,012	8,588	8,401
GPL	[%]	0,058	0,133	0,239	0,364	0,503	0,712
GNC	[%]	0,005	0,011	0,021	0,035	0,054	0,072
Alcool	[%]	0,000	0,000	0,176	0,416	0,799	1,753
Carb. pour Inter.& milit.	[%]	2,578	2,963	3,327	3,653	3,947	4,221

**Tableau 13-3 Demande d'énergie finale du secteur Transport (par groupe d'énergies)**

Groupes d'énergies	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,062	0,079	0,100	0,128	0,162	0,203
Charbon	GWa	0,429	0,380	0,320	0,243	0,139	0,000
Carburants	GWa	4,353	4,827	5,452	6,257	7,246	8,412
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>4,844</b>	<b>5,286</b>	<b>5,872</b>	<b>6,628</b>	<b>7,548</b>	<b>8,615</b>

**Tableau 13-4 Répartition par groupe d'énergies de la demande d'énergie du secteur Transport**

Groupes d'énergies	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	[%]	1,290	1,500	1,705	1,930	2,143	2,359
Charbon	[%]	8,853	7,191	5,451	3,663	1,846	0,000
Carburants	[%]	89,857	91,309	92,845	94,407	96,010	97,641

**Tableau 13-5 Demande d'énergie finale du secteur Transport (par sous-secteur)**

Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Marchandises	GWa	4,042	4,281	4,516	4,780	5,080	5,395
Passagers urbains	GWa	0,054	0,074	0,114	0,173	0,250	0,389
Passagers interurbains	GWa	0,624	0,775	1,046	1,433	1,919	2,468
International&Militaire	GWa	0,125	0,157	0,195	0,242	0,298	0,364
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>4,844</b>	<b>5,286</b>	<b>5,872</b>	<b>6,628</b>	<b>7,548</b>	<b>8,615</b>

**Tableau 13-6 Répartition par sous-secteurs de la demande d'énergie finale du secteur Transport**

Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Marchandises	[%]	83,434	80,979	76,912	72,118	67,313	62,620
Passagers urbains	[%]	1,112	1,393	1,940	2,611	3,318	4,514
Passagers interurbains	[%]	12,876	14,665	17,821	21,618	25,422	28,645
International&Militaire	[%]	2,578	2,963	3,327	3,653	3,947	4,221

Figure 3.29. Feuille de calcul "FIN\_Trp-D".

Demande d'énergie utile du sous-secteur Ménages urbains							
Tableau 14-1 Données de base relatives à la demande d'énergie utile pour le Chauffage, Ménages urbains							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Ménages urbains	[million]	1,325	1,542	1,831	2,195	2,663	3,219
Ménages ayant besoin de chauffage	[%]	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Degré-jours	[jours°C]	1500,000	1500,000	1500,000	1500,000	1500,000	1500,000
Tableaux 14-2 Facteurs relatifs au Chauffage et à la Climatisation, Ménages urbains							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Part de Appartement	[%]	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Part de Maison unifamiliale	[%]	13,000	14,000	16,000	18,000	19,000	20,000
Part de Maison chauffée partiellement	[%]	45,000	43,000	40,000	37,000	34,000	33,000
Part de Maison sans chauffage	[%]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Part de Villa	[%]	4,000	5,000	6,000	7,000	9,000	9,000
Taille de Appartement	[m <sup>2</sup> ]	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000
Taille de Maison unifamiliale	[m <sup>2</sup> ]	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000
Taille de Maison chauffée partiellement	[m <sup>2</sup> ]	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
Taille de Maison sans chauffage	[m <sup>2</sup> ]	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
Taille de Villa	[m <sup>2</sup> ]	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
S chauffée Appartement	[%]	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
S chauffée Maison unifamiliale	[%]	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000
S chauffée Maison chauffée partiellement	[%]	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
S chauffée Maison sans chauffage	[%]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S chauffée Villa	[%]	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000
C. tr. ch. Appartement	[Wh/m <sup>2</sup> /°C/h]	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
C. tr. ch. Maison unifamiliale	[Wh/m <sup>2</sup> /°C/h]	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500
C. tr. ch. Maison chauffée partiellement	[Wh/m <sup>2</sup> /°C/h]	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
C. tr. ch. Maison sans chauffage	[Wh/m <sup>2</sup> /°C/h]	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
C. tr. ch. Villa	[Wh/m <sup>2</sup> /°C/h]	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500
Log. clim. Appartement	[%]	5,000	7,000	9,000	11,000	13,000	15,000
Log. clim. Maison unifamiliale	[%]	7,000	8,000	9,000	11,000	13,000	15,000
Log. clim. Maison chauffée partiellement	[%]	5,000	5,500	6,000	6,500	7,000	8,000
Log. clim. Maison sans chauffage	[%]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Log. clim. Villa	[%]	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Cons. sp. clim. Appartement	[kWh/ménage/an]	2500,000	2500,000	2500,000	2500,000	2500,000	2500,000
Cons. sp. clim. Maison unifamiliale	[kWh/ménage/an]	3500,000	3500,000	3500,000	3500,000	3500,000	3500,000
Cons. sp. clim. Maison chauffée partiellement	[kWh/ménage/an]	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000
Cons. sp. clim. Maison sans chauffage	[kWh/ménage/an]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cons. sp. clim. Villa	[kWh/ménage/an]	6000,000	6000,000	6000,000	6000,000	6000,000	6000,000
Tableau 14-3 Données relatives aux usages Cuisson, Eau chaude sanitaire et Équipements ménagers, Ménages urbains							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Cuisson	[kWh/ménage/an]	930,000	915,000	900,000	850,000	800,000	750,000
Ménages équipés d'installat° de prod. d'eau chaude sanitaire	[%]	40,000	45,000	50,000	55,000	60,000	70,000
Eau chaude sanitaire / personne	[kWh/personne/an]	350,000	400,000	450,000	500,000	600,000	700,000
Électricité pour l'électroménager	[kWh/ménage/an]	900,000	1100,000	1300,000	1500,000	1750,000	2000,000
Taux d'électrification urbaine	[%]	85,000	90,000	95,000	98,000	100,000	100,000
Combustibles pour l'éclairage	[kWh/ménage/an]	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Figure 3.30. Tableaux 14-1 à 14-3 de la feuille de calcul "US HH Ur-D".

Sur la base des informations précédentes, le logiciel calcule (voir Tableau 14-4) la demande d'énergie utile pour toutes les catégories d'usages finaux d'un logement urbain: chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson, climatisation, et appareils domestiques (électriques et non-électriques), comme cela est illustré en Figure 3.31.

Tableau 14-4 Demande d'énergie utile du sous-secteur Ménages urbains							
Usages	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Chauffage	GWa	1.191	1.449	1.821	2.302	2.971	3.637
Eau chaude sanitaire	GWa	0.127	0.187	0.268	0.372	0.547	0.810
Cuisson	GWa	0.141	0.161	0.188	0.213	0.243	0.276
Climatisation	GWa	0.054	0.077	0.110	0.155	0.235	0.298
Électricité pour l'électroménager	GWa	0.116	0.174	0.258	0.368	0.532	0.735
Combustibles pour l'éclairage	GWa	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000
Total	GWa	1.630	2.050	2.646	3.411	4.528	5.756

Figure 3.31. Tableau 14-4 de la feuille de calcul "US HH Ur-D".



Tableau 14-5 Pénétration des formes d'énergie dans la demande d'énergie utile pour le Chauffage, Ménages urbains							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	5,000	4,500	4,000	3,000	2,000	1,000
Biomasse moderne	[%]	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	5,000
Electricité	[%]	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
(dont: pompes à chaleur)	[%]	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000
Systèmes centralisés	[%]	0,000	0,000	0,000	3,000	5,000	8,000
Solaire	[%]	0,000	0,000	0,000	1,000	2,000	4,000
Comb. fossiles	[%]	88,0	87,0	86,0	81,5	78,0	72,0

Tableau 14-6 Rendements et autres facteurs relatifs au Chauffage, Ménages urbains							
Rendements et autres facteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Rend. Comb. traditionnels	[%]	15,000	16,000	17,000	18,000	19,000	20,000
Rend. Biomasse moderne	[%]	25,000	26,000	27,000	28,000	29,000	30,000
Rend. Comb. fossiles	[%]	60,000	61,000	62,000	63,000	64,000	65,000
COP pompes à chaleur	[rapport]	2,500	2,750	3,000	3,500	4,000	4,500
Part potentielle du solaire	[%]	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000

Tableau 14-7 Pénétration des formes d'énergie dans la demande d'énergie utile pour la Production d'eau chaude sanitaire							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	5,000	4,500	4,000	3,000	2,000	1,000
Biomasse moderne	[%]	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	5,000
Electricité	[%]	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
(dont: pompes à chaleur)	[%]	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000
Systèmes centralisés	[%]	0,000	0,000	0,000	3,000	5,000	8,000
Solaire	[%]	0,000	0,000	0,000	1,000	2,000	4,000
Comb. fossiles	[%]	88,0	87,0	86,0	81,5	78,0	72,0

Tableau 14-8 Rendements et autres facteurs relatifs à la Production d'eau chaude sanitaire, Ménages urbains							
Rendements et autres facteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Rend. Comb. traditionnels	[%]	15,000	16,000	17,000	18,000	19,000	20,000
Rend. Biomasse moderne	[%]	25,000	26,000	27,000	28,000	29,000	30,000
Rend. Comb. fossiles	[%]	60,000	61,000	62,000	63,000	64,000	65,000
COP pompes à chaleur	[rapport]	2,500	2,750	3,000	3,500	4,000	4,500
Part potentielle du solaire	[%]	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000

Tableau 14-9 Pénétration des formes d'énergie dans la demande d'énergie utile pour la Cuisson, Ménages urbains							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	10,000	9,000	8,000	7,000	5,000	3,000
Biomasse moderne	[%]	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
Electricité	[%]	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
Solaire	[%]	0,000	0,000	0,000	1,000	2,000	3,000
Comb. fossiles	[%]	80,0	79,0	78,0	76,0	75,0	74,0

Tableau 14-10 Rendements et autres facteurs relatifs à la Cuisson, Ménages urbains							
Rendements et autres facteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Rend. Comb. traditionnels	[%]	12,000	12,500	13,000	13,500	14,000	14,000
Rend. Biomasse moderne	[%]	20,000	21,000	22,000	23,000	24,000	25,000
Rend. Comb. fossiles	[%]	50,000	51,000	52,000	53,000	54,000	55,000
Part potentielle du solaire	[%]	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000

Tableau 14-11 Répartition par type de Climatisation utilisée, Ménages urbains							
Types de climatisation	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electrique	[%]	95,000	93,000	90,000	87,000	84,000	80,000
Non-électrique	[%]	5,000	7,000	10,000	13,000	16,000	20,000

Tableau 14-12 Rendements des installations de Climatisation, Ménages urbains							
Rendements	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
COP clim. électrique	[rapport]	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000
COP clim. non-électrique	[rapport]	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000

Figure 3.32. Image des tableaux avec des données d'entrée de la feuille de calcul "US\_HH\_Ur-D".

Les autres tableaux de la feuille de calcul servent à entrer les données suivantes (Figure 3.32):

- pénétration des différentes formes d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, pompes à chaleur, systèmes centralisés de production de chaleur, systèmes solaires, et combustibles fossiles) pour les usages chauffage (Tableau 14-5), production d'eau chaude sanitaire (Tableau 14-7), cuisson (Tableau 14-9) et climatisation (Tableau 14-11) du sous-secteur Ménages urbains;
- rendements/coefficients de performance (COP) des différentes formes d'énergie utilisées dans les ménages urbains pour les applications mentionnées auparavant: chauffage (Tableau 14-6), eau chaude sanitaire (Tableau 14-8), cuisson (Tableau 14-10) et climatisation (Tableau 14-12). Pour les définitions détaillées de ces variables, l'utilisateur peut se reporter aux Tableaux 4.1 et 4.2 du Chapitre 4.

Toutes les données d'entrée précédentes et les variables dérivées décrivant la demande d'énergie utile de chaque utilisation finale, affichées dans la feuille de calcul, seront utilisées dans la feuille de calcul "FIN\_HH-D" pour déterminer la demande d'énergie finale des ménages urbains et, finalement, du secteur Ménages.

**(b) Feuille de calcul "US\_HH\_Rr-D" (Tableau 15)**

Cette feuille de calcul a les mêmes fonctions et la même structure que la feuille précédente (US\_HH\_Ur-D) mais elle traite des logements ruraux.

**(c) Feuille de calcul "FIN\_HH-D" (Tableau 16)**

Dans la feuille de calcul "FIN\_HH-D", le logiciel convertit la demande d'énergie utile des ménages urbains et ruraux, calculée auparavant dans les feuilles de calcul US\_HH\_Ur-D et US\_HH\_Rr-D, en demande d'énergie finale par type d'utilisation finale (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson, climatisation et appareils domestiques) et par type de source d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, systèmes centralisés de production de chaleur, systèmes solaires, et combustibles fossiles), pour les ménages urbains (Tableaux 16-1 à 16-6), pour les ménages ruraux (Tableaux 16-7 à 16-12). Il totalise finalement les résultats des deux sous-secteurs afin d'obtenir la demande d'énergie finale de l'ensemble du secteur Ménages (Tableaux 16-13 à 16-18). La Figure 3.33 présente la portion de cette feuille de calcul relative à la demande d'énergie finale des ménages urbains.

## Demande d'énergie finale du secteur Ménages

### Urbain

**Tableau 16-1 Ménages urbains, Chauffage**

Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	0,397	0,408	0,428	0,384	0,313	0,182
Biomasse moderne	GWa	0,095	0,139	0,202	0,288	0,410	0,606
Electricité	GWa	0,059	0,086	0,125	0,179	0,257	0,347
Systèmes centralisés	GWa	0,000	0,000	0,000	0,069	0,149	0,291
Solaire	GWa	0,000	0,000	0,000	0,009	0,024	0,058
Comb. fossiles	GWa	1,746	2,067	2,525	3,000	3,676	4,163
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>2,298</b>	<b>2,699</b>	<b>3,281</b>	<b>3,928</b>	<b>4,829</b>	<b>5,647</b>

**Tableau 16-2 Ménages urbains, Eau chaude sanitaire**

Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	0,042	0,053	0,063	0,062	0,058	0,041
Biomasse moderne	GWa	0,010	0,018	0,030	0,047	0,075	0,135
Electricité	GWa	0,006	0,011	0,018	0,029	0,047	0,077
Systèmes centralisés	GWa	0,000	0,000	0,000	0,011	0,027	0,065
Solaire	GWa	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,013
Comb. fossiles	GWa	0,186	0,267	0,372	0,485	0,677	0,928
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,245</b>	<b>0,348</b>	<b>0,483</b>	<b>0,635</b>	<b>0,889</b>	<b>1,258</b>

**Tableau 16-3 Ménages urbains, Cuisson**

Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	0,117	0,116	0,116	0,110	0,087	0,059
Biomasse moderne	GWa	0,035	0,046	0,060	0,074	0,091	0,110
Electricité	GWa	0,007	0,010	0,013	0,017	0,022	0,028
Solaire	GWa	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003
Comb. fossiles	GWa	0,225	0,250	0,282	0,308	0,343	0,380
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,384</b>	<b>0,421</b>	<b>0,471</b>	<b>0,510</b>	<b>0,545</b>	<b>0,580</b>

**Tableau 16-4 Ménages urbains, Climatisation**

Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,020	0,028	0,037	0,048	0,068	0,079
Non-électrique	GWa	0,001	0,002	0,004	0,007	0,013	0,020
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,021</b>	<b>0,030</b>	<b>0,041</b>	<b>0,055</b>	<b>0,081</b>	<b>0,099</b>

**Tableau 16-5 Ménages urbains, Equipements ménagers & Eclairage**

Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,116	0,174	0,258	0,368	0,532	0,735
Comb. fossiles	GWa	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,118</b>	<b>0,176</b>	<b>0,259</b>	<b>0,369</b>	<b>0,532</b>	<b>0,735</b>

**Tableau 16-6 Demande totale d'énergie finale du sous-secteur Ménages urbains**

Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	0,556	0,576	0,607	0,556	0,457	0,281
Biomasse moderne	GWa	0,141	0,203	0,292	0,408	0,576	0,852
Electricité	GWa	0,209	0,309	0,451	0,641	0,927	1,266
Systèmes centralisés	GWa	0,000	0,000	0,000	0,080	0,176	0,356
Solaire	GWa	0,000	0,000	0,000	0,012	0,030	0,074
Comb. fossiles	GWa	2,161	2,587	3,185	3,800	4,710	5,491
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>3,067</b>	<b>3,675</b>	<b>4,535</b>	<b>5,498</b>	<b>6,876</b>	<b>8,320</b>

*Figure 3.33. Tableaux 16-1 à 16-6 de la feuille de calcul "FIN\_HH-D".*

### 3.3.9 Feuilles de calcul du secteur Services (Tableaux 17 à 19)

L'analyse de la demande d'énergie du secteur Services est réalisée dans trois feuilles de calcul: "US\_SS-D", utilisée pour entrer certaines données qui permettent au logiciel de calculer la demande d'énergie utile pour le chauffage, la climatisation, les carburants, les usages spécifiques de l'électricité et les autres usages thermiques (à l'exception du chauffage; p.ex. eau chaude sanitaire, cuisson etc); "SS\_Fac-D", permettant d'entrer les pénétrations des différentes formes d'énergie dans les différents marchés d'énergie utile du secteur (chauffage, autres usages thermiques et climatisation); et "FIN\_SS-D", qui convertit la demande d'énergie utile calculée auparavant en demande d'énergie finale par type d'utilisation finale (usages thermiques, climatisation, usages spécifiques de l'électricité) et par type de source d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, systèmes centralisés de production de chaleur, systèmes solaires, combustibles fossiles, et carburants). La demande d'énergie pour le chauffage et pour la climatisation est calculée sur la base des consommations spécifiques d'énergie utile pour le chauffage et la climatisation (kWh/m<sup>2</sup>/an) des bâtiments du secteur Services, tandis que la demande d'énergie pour les carburants, les usages spécifiques de l'électricité, et les autres usages thermiques (eau chaude sanitaire, cuisson etc.) est calculée à partir des valeurs ajoutées et des intensités énergétiques de chacun des sous-secteurs du secteur Services.

#### (a) Feuille de calcul "US\_SS-D" (Tableau 17)

Les données qui doivent être entrées dans cette feuille de calcul sont les suivantes (voir Figure 3.34):

- proportion (%) du secteur Services dans la main d'œuvre active totale et surface moyenne occupée par employée (m<sup>2</sup>/cap), voir Tableau 17-1;
- proportion (%) de la surface du secteur Services ayant besoin de chauffage et parmi celle-ci, part (%) réellement chauffée, consommation spécifique d'énergie utile (kWh/m<sup>2</sup>/an) pour le chauffage des bâtiments du secteur Services, proportion (%) de la superficie du secteur Services étant climatisée et consommation spécifique d'énergie utile (kWh/m<sup>2</sup>/an) pour la climatisation des bâtiments du secteur Services, voir Tableau 17-2;
- intensités énergétiques au niveau des sous-secteurs du secteur Services pour les carburants (Tableau 17-4), les usages spécifiques de l'électricité (Tableau 17-5) et les autres usages thermiques, à l'exception du chauffage (Tableau 17-6).

Les variables dérivées dont les valeurs sont calculées par le logiciel sont:

- la main d'œuvre active (10<sup>6</sup> employées) et la superficie (10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>) du secteur Services (Tableau 17-1);
- la demande d'énergie utile pour le chauffage et la climatisation (Tableau 17-3), les carburants (Tableau 17-7), les usages spécifiques de l'électricité (Tableau 17-8), et les autres usages thermiques (Tableau 17-9);
- la demande totale d'énergie utile de l'ensemble du secteur Services (Tableau 17-10).

La Figure 3.35 présente les valeurs des variables dérivées calculées par le modèle et incluses dans les Tableaux 17-3 et 17-7 à 17-10.

<b>Demande d'énergie utile du secteur Services</b>							
<b>Tableau 17-1 Données de base relatives à la demande d'énergie utile du secteur Services</b>							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Part d'employés du secteur Services	[%]	45,000	46,000	47,000	48,000	49,000	50,000
Surface par employé	[m <sup>2</sup> /prsn]	8,000	8,400	8,800	9,200	9,600	10,000
Employés du secteur Services	[mill prsn]	1,689	2,059	2,536	3,139	3,888	4,800
Surface du secteur Services	[mill m <sup>2</sup> ]	13,512	17,300	22,320	28,878	37,320	48,001
<b>Tableau 17-2 Facteurs relatifs au Chauffage et à la Climatisation</b>							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Surface exigeant le chauffage	[%]	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Surface réellement chauffée	[%]	50,000	55,000	60,000	65,000	70,000	75,000
En. utile unitaire pour le chauffage	[kWh/m <sup>2</sup> /an]	60,000	58,000	56,000	54,000	52,000	50,000
Surface exigeant la climatisation	[%]	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000	40,000
En. utile unitaire pour la climatisation	[kWh/m <sup>2</sup> /an]	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
<b>Intensités énergétiques par usage (sauf Chauffage et Climatisation)</b>							
<b>Tableau 17-4 Intensités énergétiques des Carburants</b>							
Secteur/Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Services	[kWh/US\$]	0,169	0,175	0,180	0,184	0,187	0,189
Comm. & tourisme	[kWh/US\$]	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Admin. publique	[kWh/US\$]	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Finances&affaires	[kWh/US\$]	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Autres	[kWh/US\$]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
<b>Tableau 17-5 Intensités énergétiques des Usages spécifiques de l'électricité</b>							
Secteur/Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Services	[kWh/US\$]	1,086	1,086	1,085	1,085	1,085	1,086
Comm. & tourisme	[kWh/US\$]	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070
Admin. publique	[kWh/US\$]	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
Finances&affaires	[kWh/US\$]	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
Autres	[kWh/US\$]	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
<b>Tableau 17-6 Intensités énergétiques des Autres usages thermiques (eau chaude sanitaire, cuisson etc.)</b>							
Secteur/Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Services	[kWh/US\$]	0,123	0,127	0,130	0,132	0,134	0,135
Comm. & tourisme	[kWh/US\$]	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Admin. publique	[kWh/US\$]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Finances&affaires	[kWh/US\$]	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Autres	[kWh/US\$]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100

Figure 3.34. Tableaux contenant les données d'entrée de la feuille de calcul "US SS-D".

## (b) Feuille de calcul "SS\_Fac-D" (Tableau 18)

Dans cette feuille de calcul, l'utilisateur doit entrer les données suivantes:

- pénétrations des différentes formes d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, pompes à chaleur, systèmes centralisés de production de chaleur, systèmes solaires, combustibles fossiles) dans le marché du chauffage (Tableau 18-1);
- pénétrations des différentes formes d'énergie dans le marché des autres usages thermiques (eau chaude sanitaire, cuisson etc.) (Tableau 18-2);
- rendements des différentes formes d'énergie, coefficients de performance des pompes à chaleur et autres facteurs concernant les usages thermiques (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson etc.) du secteur Services (Tableau 18-3);
- pénétration des équipements électriques et non-électriques dans le marché de la climatisation (Tableau 18-4);
- coefficients de performance des équipements de climatisation électriques et non-électriques (Tableau 18-5).

Cette feuille de calcul est présentée en Figure 3.36.

<b>Tableau 17-3 Demande d'énergie utile nécessaire au Chauffage et à la Climatisation</b>							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Surface totale chauffée	[mill m <sup>2</sup> ]	6,756	9,515	13,392	18,771	26,124	36,001
Energie utile au chauffage	GWa	0,046	0,063	0,086	0,116	0,155	0,205
Energie utile à la climatisation	GWa	0,008	0,015	0,025	0,041	0,064	0,110
<b>Demande d'énergie utile par usage (sauf Chauffage et Climatisation)</b>							
<b>Tableau 17-7 Demande d'énergie utile des Carburants</b>							
Secteur/Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Services	GWa	0,316	0,419	0,555	0,738	0,975	1,277
Comm. & tourisme	GWa	0,098	0,144	0,204	0,289	0,395	0,527
Admin. publique	GWa	0,122	0,158	0,207	0,273	0,359	0,473
Finances&affaires	GWa	0,006	0,008	0,011	0,015	0,021	0,030
Autres	GWa	0,091	0,109	0,133	0,162	0,200	0,247
<b>Tableau 17-8 Demande d'énergie utile des Usages spécifiques de l'électricité</b>							
Secteur/Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Services	GWa	2,038	2,600	3,353	4,349	5,644	7,333
Comm. & tourisme	GWa	0,261	0,384	0,545	0,772	1,057	1,409
Admin. publique	GWa	0,640	0,830	1,087	1,431	1,884	2,482
Finances&affaires	GWa	0,135	0,187	0,260	0,361	0,506	0,729
Autres	GWa	1,001	1,199	1,461	1,786	2,197	2,712
<b>Tableau 17-9 Demande d'énergie utile des Autres usages thermiques (eau chaude sanitaire, cuisson etc.)</b>							
Secteur/Sous-secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Services	GWa	0,231	0,304	0,400	0,530	0,697	0,908
Comm. & tourisme	GWa	0,073	0,108	0,153	0,216	0,296	0,395
Admin. publique	GWa	0,061	0,079	0,104	0,136	0,179	0,236
Finances&affaires	GWa	0,006	0,008	0,011	0,015	0,021	0,030
Autres	GWa	0,091	0,109	0,133	0,162	0,200	0,247
<b>Tableau 17-10 Demande totale d'énergie utile du secteur Services</b>							
Usages	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Chauffage	GWa	0,046	0,063	0,086	0,116	0,155	0,205
Climatisation	GWa	0,008	0,015	0,025	0,041	0,064	0,110
Carburants	GWa	0,316	0,419	0,555	0,738	0,975	1,277
Usages spécifiques de l'électricité	GWa	2,038	2,600	3,353	4,349	5,644	7,333
Autres usages thermiques	GWa	0,231	0,304	0,400	0,530	0,697	0,908
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>2,639</b>	<b>3,400</b>	<b>4,419</b>	<b>5,775</b>	<b>7,535</b>	<b>9,833</b>

Figure 3.35. Tableaux contenant les valeurs calculées de la feuille de calcul "US SS-D".

Facteurs relatifs au secteur Services							
<b>Tableau 18-1 Pénétration des formes d'énergie dans la demande d'énergie utile nécessaire au Chauffage</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	25,000	23,000	21,000	19,000	17,000	15,000
Biomasse moderne	[%]	2,000	3,000	4,000	6,000	8,000	10,000
Electricité	[%]	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000
(Dont: pompes à chaleur)	[%]	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000	20,000
Systèmes centralisés	[%]	0,000	0,000	5,000	7,000	10,000	12,000
Solaire	[%]	0,000	1,000	3,000	5,000	7,000	9,000
Comb. fossiles	[%]	65,000	63,000	55,000	49,000	42,000	36,000
<b>Tableau 18-2 Pénétration des formes d'énergie dans la demande d'énergie utile pour les Autres usages thermiques</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[%]	25,000	23,000	21,000	19,000	17,000	15,000
Biomasse moderne	[%]	2,000	3,000	4,000	6,000	8,000	10,000
Electricité	[%]	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000
Systèmes centralisés	[%]	0,000	0,000	5,000	7,000	10,000	12,000
Solaire	[%]	0,000	1,000	3,000	5,000	7,000	9,000
Comb. fossiles	[%]	65,000	63,000	55,000	49,000	42,000	36,000
<b>Tableau 18-3 Rendements et autres facteurs relatifs aux usages thermiques</b>							
Rendements et autres facteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Rend. Comb. trad.	[%]	15,000	16,000	17,000	18,000	19,000	20,000
Rend. Biomasse moderne	[%]	25,000	26,000	27,000	28,000	29,000	30,000
Rend. Comb. fossiles	[%]	60,000	61,000	62,000	63,000	64,000	65,000
COP pompes à chaleur	[rapport]	2,500	2,750	3,000	3,500	4,000	4,500
Bâtiments bas (solaire possible)	[%]	70,000	65,000	60,000	55,000	50,000	50,000
Part potentielle du solaire	[%]	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
<b>Tableau 18-4 Répartition par type de Climatisation utilisée</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	[%]	90,000	86,000	82,000	78,000	74,000	70,000
Comb. fossiles	[%]	10,000	14,000	18,000	22,000	26,000	30,000
<b>Tableau 18-5 Rendements des installations de Climatisation</b>							
Rendements	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
COP climatiseurs électriques	[rapport]	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000
COP climatiseurs non-électriques	[rapport]	2,500	2,600	2,700	2,800	2,900	3,000

Figure 3.36. Feuille de calcul "SS\_Fac-D".

### (c) Feuille de calcul "FIN\_SS-D" (Tableau 19)

Cette feuille Excel calcule et affiche la demande d'énergie finale du secteur Services par usage final (usages thermiques, climatisation et usages spécifiques de l'électricité) et par forme d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, systèmes centralisés de production de chaleur, systèmes solaires, combustibles fossiles, et carburants) (Figure 3.37).

<b>Demande d'énergie finale du secteur Services</b>							
<b>Tableau 19-1 Demande d'énergie finale pour les Usages thermiques</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	0,462	0,527	0,600	0,682	0,762	0,835
Biomasse moderne	GWa	0,022	0,042	0,072	0,138	0,235	0,371
Electricité	GWa	0,022	0,036	0,057	0,089	0,133	0,195
Systèmes centralisés	GWa	0,000	0,000	0,024	0,045	0,085	0,134
Solaire	GWa	0,000	0,001	0,003	0,007	0,012	0,020
Comb. fossiles	GWa	0,300	0,381	0,439	0,519	0,587	0,663
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,806</b>	<b>0,987</b>	<b>1,196</b>	<b>1,480</b>	<b>1,814</b>	<b>2,219</b>
<b>Tableau 19-2 Demande d'énergie finale pour la Climatisation</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	0,003	0,005	0,008	0,011	0,016	0,026
Comb. fossiles	GWa	0,000	0,001	0,002	0,003	0,006	0,011
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>0,003</b>	<b>0,006</b>	<b>0,009</b>	<b>0,015</b>	<b>0,022</b>	<b>0,037</b>
<b>Tableau 19-3 Demande d'énergie finale pour les Usages spécifiques de l'électricité</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Electricité	GWa	2,038	2,600	3,353	4,349	5,644	7,333
<b>Tableau 19-4 Demande totale d'énergie finale du secteur Services (par forme d'énergie)</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	0,462	0,527	0,600	0,682	0,762	0,835
Biomasse moderne	GWa	0,022	0,042	0,072	0,138	0,235	0,371
Electricité	GWa	2,062	2,641	3,418	4,449	5,793	7,553
Systèmes centralisés	GWa	0,000	0,000	0,024	0,045	0,085	0,134
Solaire	GWa	0,000	0,001	0,003	0,007	0,012	0,020
Comb. fossiles	GWa	0,301	0,382	0,441	0,522	0,593	0,674
Carburants	GWa	0,316	0,419	0,555	0,738	0,975	1,277
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>3,163</b>	<b>4,012</b>	<b>5,114</b>	<b>6,582</b>	<b>8,455</b>	<b>10,865</b>

Figure 3.37. Feuille de calcul "FIN SS-D".

### 3.3.10 Feuilles de calcul présentant les résultats finaux du modèle MAED\_D (Tableaux 20 et 21)

Les résultats finaux de l'analyse de la demande d'énergie de l'ensemble du système étudié sont présentés dans deux feuilles de calcul différentes, chacune d'elles correspondant à l'une des deux unités d'énergie spécifiées par l'utilisateur dans les cellules E50 et L50 de la feuille de calcul "Defs".

#### (a) Feuille de calcul "Final-D" (Tableau 20)

Cette feuille de calcul affiche les résultats finaux de l'analyse de la demande d'énergie finale élaborée avec le modèle MAED\_D dans l'unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs" (par défaut: GWa). Il s'agit de 12 tableaux. Le premier (Tableau 20-1) donne la demande totale d'énergie finale et son partage en différentes formes d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, systèmes centralisés de production de chaleur, systèmes solaires, combustibles fossiles, carburants, coke & charbon, et matières premières énergétiques pour l'industrie chimique et pétrochimique). Le tableau suivant (Tableau 20-2) présente les valeurs de la demande d'énergie finale par personne (MWh/pers.) et par unité monétaire de PIB (kWh/US\$). Le troisième tableau (Tableau 20-3) présente la demande d'énergie finale par secteur. Les



secteurs considérés ici sont l'Industrie (ensuite partagée en Industries manufacturières et ACM (Agriculture, Construction, et Mines)), le Transport (partagé en Transport de marchandises et Transport de passagers), les Ménages et les Services. La demande d'énergie finale de chacune des neuf formes d'énergie contenues dans le Tableau 20-1 est ensuite décomposée en secteurs dans les Tableaux 20-4 à 20-12, comme mentionnés dans le Tableau 20-3. La Figure 3.38 illustre le contenu des Tableaux 20-1 à 20-4. Les Tableaux 20-5 à 20-12 sont similaires au Tableau 20-4 mais ils font référence à d'autres formes d'énergie.

<b>Demande totale d'énergie finale</b>							
<b>Tableau 20-1 Demande d'énergie finale par forme d'énergie</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	GWa	7.926	8.009	8.010	7.927	7.792	6.809
Biomasse moderne	GWa	0.307	0.557	0.922	1.441	2.118	3.062
Electricité	GWa	2.860	3.760	4.959	6.531	8.588	11.140
Systèmes centralisés	GWa	0.064	0.080	0.123	0.245	0.404	0.661
Solaire	GWa	0.000	0.003	0.008	0.027	0.055	0.112
Comb. fossiles	GWa	5.222	6.240	7.398	8.592	10.057	11.811
Carburants	GWa	5.720	6.449	7.326	8.411	9.737	11.275
Coke & charbon	GWa	0.776	0.846	0.999	1.089	1.096	0.968
Mat. prem. ind. pétroch.	GWa	0.882	1.159	1.521	1.926	2.376	2.794
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>23.757</b>	<b>27.102</b>	<b>31.265</b>	<b>36.187</b>	<b>42.223</b>	<b>48.633</b>
<b>Tableau 20-2 Demande d'énergie finale par personne et par PIB</b>							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
EF par personne	[MWh/prsn]	10.867	10.958	11.282	11.769	12.499	13.233
EF par PIB	[kWh/US\$]	6.203	5.545	5.060	4.677	4.400	4.126
<b>Tableau 20-3 Demande d'énergie finale par secteur</b>							
Secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrie	GWa	4.790	5.850	7.081	8.333	9.563	10.557
Ind. manufacturières	GWa	3.440	4.280	5.369	6.516	7.646	8.578
ACM	GWa	1.350	1.571	1.712	1.818	1.917	1.979
Transport	GWa	4.844	5.286	5.872	6.628	7.548	8.615
Marchandises	GWa	4.042	4.281	4.516	4.780	5.080	5.395
Passagers	GWa	0.803	1.005	1.356	1.848	2.467	3.220
Ménages	GWa	10.959	11.954	13.199	14.643	16.658	18.596
Services	GWa	3.163	4.012	5.114	6.582	8.455	10.865
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>23.757</b>	<b>27.102</b>	<b>31.265</b>	<b>36.187</b>	<b>42.223</b>	<b>48.633</b>
<b>Tableau 20-4 Combustibles traditionnels par secteur</b>							
Secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrie	GWa	0.196	0.195	0.187	0.173	0.151	0.113
Ind. manufacturières	GWa	0.156	0.153	0.146	0.135	0.117	0.084
ACM	GWa	0.040	0.042	0.041	0.038	0.034	0.029
Transport	GWa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Marchandises	GWa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Passagers	GWa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ménages	GWa	7.268	7.287	7.224	7.072	6.879	5.860
Services	GWa	0.462	0.527	0.600	0.682	0.762	0.835
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>7.926</b>	<b>8.009</b>	<b>8.010</b>	<b>7.927</b>	<b>7.792</b>	<b>6.809</b>

Figure 3.38. Tableaux 20-1 à 20-4 de la feuille de calcul "Final-D".

#### (b) Feuille de calcul "Final Results (User Unit)" (Tableau 21)

Cette feuille de calcul convertit simplement les résultats finaux de la feuille de calcul "Final-D", de l'unité d'énergie spécifiée dans la cellule E50, à l'unité d'énergie choisie par l'utilisateur (cellule L50 de la feuille de calcul "Defs"). Elle a la même structure que la feuille de calcul "Final-D" (Figure 3.39).

<b>Demande totale d'énergie finale (unité spécifiée par l'utilisateur)</b>							
<b>Tableau 21-1 Demande d'énergie finale par forme d'énergie</b>							
Formes d'énergie	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Comb. traditionnels	[Mtep]	5.970	6.033	6.033	5.970	5.869	5.129
Biomasse moderne	[Mtep]	0.231	0.419	0.694	1.085	1.595	2.307
Electricité	[Mtep]	2.154	2.832	3.735	4.919	6.469	8.391
Systèmes centralisés	[Mtep]	0.048	0.061	0.092	0.184	0.304	0.498
Solaire	[Mtep]	0.000	0.002	0.006	0.020	0.041	0.085
Comb. fossiles	[Mtep]	3.933	4.700	5.572	6.472	7.575	8.896
Carburants	[Mtep]	4.308	4.857	5.518	6.335	7.334	8.493
Coke & charbon	[Mtep]	0.585	0.637	0.753	0.820	0.825	0.729
Mat. prem. ind. pétroch.	[Mtep]	0.664	0.873	1.145	1.450	1.789	2.104
<b>Total</b>	<b>[Mtep]</b>	<b>17.894</b>	<b>20.414</b>	<b>23.550</b>	<b>27.257</b>	<b>31.804</b>	<b>36.631</b>

<b>Tableau 21-2 Demande d'énergie finale par personne et par PIB</b>							
Paramètres	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
EF par capita	[MWh/prsn]	10.867	10.958	11.282	11.769	12.499	13.233
EF par PIB	[kWh/US\$]	6.203	5.545	5.060	4.677	4.400	4.126

<b>Tableau 21-3 Demande d'énergie finale par secteur</b>							
Secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrie	[Mtep]	3.608	4.406	5.334	6.277	7.203	7.952
Ind. manufacturières	[Mtep]	2.591	3.223	4.044	4.908	5.759	6.461
ACM	[Mtep]	1.017	1.183	1.289	1.369	1.444	1.491
Transport	[Mtep]	3.649	3.982	4.423	4.992	5.685	6.489
Marchandises	[Mtep]	3.044	3.224	3.402	3.600	3.827	4.063
Passagers	[Mtep]	0.604	0.757	1.021	1.392	1.858	2.426
Ménages	[Mtep]	8.255	9.004	9.942	11.030	12.547	14.007
Services	[Mtep]	2.383	3.022	3.852	4.958	6.369	8.184
<b>Total</b>	<b>[Mtep]</b>	<b>17.894</b>	<b>20.414</b>	<b>23.550</b>	<b>27.257</b>	<b>31.804</b>	<b>36.631</b>

<b>Tableau 21-4 Combustibles traditionnels par secteur</b>							
Secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrie	[Mtep]	0.148	0.147	0.140	0.130	0.114	0.085
Ind. manufacturières	[Mtep]	0.117	0.115	0.110	0.101	0.088	0.063
ACM	[Mtep]	0.030	0.032	0.031	0.029	0.026	0.022
Transport	[Mtep]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Marchandises	[Mtep]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Passagers	[Mtep]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ménages	[Mtep]	5.474	5.488	5.441	5.327	5.181	4.414
Services	[Mtep]	0.348	0.397	0.452	0.513	0.574	0.629
<b>Total</b>	<b>[Mtep]</b>	<b>5.970</b>	<b>6.033</b>	<b>6.033</b>	<b>5.970</b>	<b>5.869</b>	<b>5.129</b>

Figure 3.39. Tableaux 21-1 à 21-4 de la feuille de calcul "Final results (User unit)".

Une fois l'analyse d'un scénario terminée, l'utilisateur doit vérifier très attentivement l'ensemble des résultats, même si les résultats partiels des différentes feuilles de calcul ont déjà été vérifiés au cours de l'analyse. Pendant l'étape de reconstruction de la structure de consommation d'énergie de l'année de base avec le modèle, l'utilisateur doit comparer après chaque exécution du logiciel la consommation d'énergie finale par forme d'énergie et par secteur calculée par MAED\_D (à l'aide des feuilles de calcul "Final-D" ou "Final results (User unit)") avec la consommation du bilan de l'énergie finale du pays ou de la région considérée, pour l'année de base. Si des différences persistent, les données d'entrée doivent être ajustées et le logiciel exécuté à nouveau.

Si une étude minutieuse des résultats du modèle pour un scénario donné et une comparaison avec les résultats des autres scénarios de la même étude (si ils sont disponibles) mettent en lumière des résultats anormaux, l'utilisateur doit revoir aussi bien les hypothèses du scénario que les données de base relatives aux résultats non-satisfaisants et re-exécuter le modèle MAED\_D. Ce processus itératif doit être réalisé jusqu'à ce que l'utilisateur soit satisfait par l'ensemble des résultats des scénarios.

## 4 VARIABLES D'ENTRÉES ET VARIABLES DÉRIVÉES DU MODULE 1 DE MAED

### 4.1 Introduction

Pour pouvoir utiliser correctement un modèle mathématique et apprécier pleinement la signification de ses résultats, l'utilisateur doit connaître: (i) les définitions exactes des paramètres (variables) d'entrée et de sortie, et (ii) le mode de calcul par le modèle de chaque paramètre de sortie sur la base des données fournies par l'utilisateur. Ce chapitre aborde le premier des deux aspects mentionnés, pour le Module 1 du modèle MAED; le deuxième aspect fait l'objet du Chapitre 5.

Les noms des variables du modèle MAED reflètent, en général, les noms des secteurs, des formes d'énergie et des usages finaux de l'énergie auxquels elles font référence. La version française du manuel d'utilisation du modèle MAED conserve les noms des variables utilisés dans la version anglaise du manuel.

### 4.2 Variables d'entrées

Le Tableau 4.1 présente la liste des variables d'entrée de MAED\_D et leurs définitions. Ce tableau inclut également quelques variables dont les valeurs ne sont pas fournies par l'utilisateur; le modèle calculant lui-même ces valeurs comme différence entre le total (100% ou 1) et les valeurs des autres variables d'entrée. Chaque variable de MAED\_D a un nom symbolique. La première colonne du Tableau 4.1 présente le nom de ces variables d'entrée; la deuxième colonne contient leurs définitions; la troisième colonne fournit les unités de mesure correspondantes; et la dernière colonne inclut un commentaire, pour clarifier la signification de certaines variables.

Les variables du Tableau 4.1 sont regroupées en 6 catégories différentes: Démographie, Formation du PIB, Industrie, Transport, Ménages et Services. Certains groupes ont été divisés en deux ou plusieurs sous-groupes pour aider l'utilisateur à localiser la position d'un paramètre particulier dans le tableau. Par exemple, les paramètres correspondant au groupe Transport ont été partagés en trois sous-groupes: (i) Transport de marchandises, (ii) Transport urbain de passagers, et (iii) Transport interurbain de passagers. La correspondance entre les variables de chaque groupe/sous-groupe du Tableau 4.1 et les paramètres d'entrée des différents tableaux des feuilles de calcul EXCEL de MAED\_D est présentée en haut des sous-tableaux correspondants à chaque groupe/sous-groupe.

### 4.3 Variables dérivées

Le Tableau 4.2 fournit des informations relatives aux variables dérivées / de sortie de MAED\_D. Pratiquement toutes les variables listées dans ce tableau, à l'exception de 13 paramètres, apparaissent dans les différents tableaux des feuilles de calcul EXCEL de MAED\_D. Les 13 variables supplémentaires sont des variables dérivées intermédiaires, qui apparaissent dans certains calculs intermédiaires décrits au Chapitre 5 mais leurs valeurs ne sont pas visibles dans les feuilles de calcul de MAED\_D; elles ont été soulignées dans le Tableau 4.2, ainsi qu'au Chapitre 5, pour faciliter leur identification.

Si le Tableau 4.1 a quatre colonnes, le Tableau 4.2 n'en a que trois: la première colonne donne les noms symboliques des variables dérivées, la seconde présente leurs unités de mesure, tandis que la troisième contient des notes explicatives qui définissent ces variables.

Les variables du Tableau 4.2 ont été rangées en groupes et sous-groupes dans la plupart des cas en fonction de leur correspondance avec les paramètres dérivés inclus dans les différents tableaux des feuilles de calcul de MAED\_D. Il est à noter que l'unité indiquée dans ce tableau pour les variables représentant des valeurs d'énergie est le GWa (Giga Watt an), qui est l'unité d'énergie par défaut du modèle. Néanmoins, comme cela a été précisé en Section 3.3.3 et le sera aussi en Section 5.2, l'utilisateur peut facilement obtenir les résultats du modèle dans une autre unité d'énergie, s'il indique son nom et la valeur du facteur de conversion correspondant dans la feuille de calcul "Defs" de MAED\_D.

**Tableau 4.1. Liste et définitions des variables d'entrée du module MAED\_D du modèle MAED**

Tableau 4.1a. Liste et définitions des variables d'entrée de la feuille de calcul Définitions

VARIABLE	DEFINITION	UNITE	COMMENTAIRE
<b>DEFINITIONS:</b> (voir feuille de calcul "Defis" de MAED_D.xls)			
NRV	Nombre d'années de référence du cas examiné.	-	Max. 25
RY(I)	Années de référence pour le cas examiné. I=1,.....,NRV	-	
NSAGR	Nombre de sous-secteurs du secteur Agriculture.	-	Max. 10
NSCON	Nombre de sous-secteurs du secteur Construction.	-	Max. 10
NSMIN	Nombre de sous-secteurs du secteur Mines.	-	Max. 10
NSMAN	Nombre de sous-secteurs du secteur Industries manufacturières.	-	Max. 10
NSSER	Nombre de sous-secteurs du secteur Services.	-	Max. 10
NMFT	Nombre de modes de transport de marchandises.	-	Max. 15
NMIT	Nombre de modes de transport interurbain de passagers.	-	Max. 15
NCTIT	Nombre de types de voitures pour le transport interurbain de passagers.	-	Max. 5
NMUT	Nombre de modes de transport urbain de passagers.	-	Max. 15
NTF	Nombre de carburants utilisés dans le secteur Transport.		Max. 8
NUDT	Nombre de types de logements urbains.	-	Max. 10
NRDT	Nombre de types de logements ruraux.	-	Max. 10

Tableau 4.1b. Liste et définitions des variables d'entrée de la feuille de calcul Démographie

<b>DEMOGRAPHIE:</b> (voir feuille de calcul "Demogr-D" de MAED_D.xls)			
PO	Population totale.	Millions de personnes	Peut être calculée par le logiciel, si le taux de croissance annuel est fourni par l'utilisateur.
POGR	Taux moyen annuel de croissance de la population entre deux années de référence successives.	% par an	Peut être calculé par le logiciel, si la population totale est fournie par l'utilisateur.
PURB	Proportion de population urbaine.	%	Conformément à la définition des Nations Unies.
CAPUH	Taille moyenne des ménages urbains.	personnes/ ménage	Le terme ménage est utilisé dans le sens "personnes vivant ensemble dans un même logement". C'est pourquoi dans le modèle, le nombre de ménages est supposé être égal au nombre de logements.
CAPRH	Taille moyenne des ménages ruraux.	personnes/ ménage	Le terme ménage est utilisé dans le sens "personnes vivant ensemble dans un même logement". C'est pourquoi dans le modèle, le nombre de ménages est supposé être égal au nombre de logements.
PLF	Proportion de la population âgée de 15 à 64 ans dans la population totale (main d'œuvre potentielle).	%	
PARTLF	Proportion de main d'œuvre potentielle, effectivement en activité.	%	
POPLC	Proportion de population vivant dans une grande ville.	%	Variable utilisée pour déterminer le marché potentiel approximatif du transport public (en commun) urbain.

Tableau 4.1c. Liste et définitions des variables d'entrée de la feuille de calcul Formation du PIB

<b>FORMATION DU PIB:(voir feuille de calcul "GDP-D" de MAED_D.xls)</b>		
Y	PIB total.	10 <sup>9</sup> MU
YGR	Taux moyen annuel de croissance du PIB entre deux années de référence successives.	% par an
PYAGR	Structure du PIB par type d'activité économique. Les secteurs considérés sont:	%
PYCON	Agriculture (AGR), Construction (CON),	
PYMIN	Mines (MIN), Industries manufacturières	
PYMAN	(MAN), Services (SER) et Energie (EN).	
PYSER		
PYEN		
PVAAG(I)	Répartition de la valeur ajoutée du secteur Agriculture (AGR) par sous-secteurs. I=1,.....,NSAGR	%
PVACO(I)	Répartition de la valeur ajoutée du secteur Construction (CON) par sous-secteurs. I=1,.....,NSCON	%
PVAMI(I)	Répartition de la valeur ajoutée du secteur Mines (MIN) par sous-secteurs. I=1,.....,NSMIN	%
PVAMA(I)	Répartition de la valeur ajoutée du secteur Industries manufacturières (MAN) par sous-secteurs. I=1,.....,NSMAN	%
PVASE(I)	Répartition de la valeur ajoutée du secteur Services (SER) par sous-secteurs. I=1,.....,NSSER	%

MU est l'abréviation pour les unités monétaires de l'année de base.

La somme de ces variables doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit spécifier les valeurs pour les cinq premières variables, la valeur de la dernière variable (PYEN) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.

La somme de ces proportions doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement spécifier les (NSAGR-1) premiers sous-secteurs, la proportion pour le dernier sous-secteur étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.

La somme de ces proportions doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement spécifier les (NSCON-1) premiers sous-secteurs, la proportion pour le dernier sous-secteur étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.

La somme de ces proportions doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement spécifier les (NSMIN-1) premiers sous-secteurs, la proportion pour le dernier sous-secteur étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.

La somme de ces proportions doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement spécifier les (NSMAN-1) premiers sous-secteurs, la proportion pour le dernier sous-secteur étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.

La somme de ces proportions doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement spécifier les (NSSER-1) premiers sous-secteurs, la proportion pour le dernier sous-secteur étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.

Tableau 4.1d. Liste et définitions des variables d'entrée relatives aux intensités énergétiques du secteur Industrie

<b>INDUSTRIE:</b>			
<b>INTENSITÉS ENERGETIQUES DU SECTEUR INDUSTRIE (AGRICULTURE, CONSTRUCTION, MINES ET IND. MANUFACTURIÈRES):</b> (voir feuille de calcul "EnInt-D" de MAED_D.xls)			
EI.MF.AG(I)	Consommation spécifique de carburants par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Agriculture. I=1,.....,NSAGR	kWh/MU	Exprimée en termes d'énergie finale par MU.
EI.MF.CO(I)	Consommation spécifique de carburants par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Construction. I=1,.....,NSCON	kWh/MU	Exprimée en termes d'énergie finale par MU.
EI.MF.MI(I)	Consommation spécifique de carburants par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Mines. I=1,.....,NSMIN	kWh/MU	Exprimée en termes d'énergie finale par MU.
EI.MF.MA(I)	Consommation spécifique de carburants par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Industries manufacturières. I=1,.....,NSMAN	kWh/MU	Exprimée en termes d'énergie finale par MU.
EI.ELS.AG(I)	Consommation spécifique d'électricité (pour usages spécifiques) par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Agriculture. I=1,.....,NSAGR	kWh/MU	Exprimée en termes d'énergie finale par MU.
EI.ELS.CO(I)	Consommation spécifique d'électricité (pour usages spécifiques) par unité monétaire de la valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Construction. I=1,.....,NSCON	kWh/MU	Exprimée en termes d'énergie finale par MU.
EI.ELS.MI(I)	Consommation spécifique d'électricité (pour usages spécifiques) par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Mines. I=1,.....,NSMIN	kWh/MU	Exprimée en termes d'énergie finale par MU.
EI.ELS.MA(I)	Consommation spécifique d'électricité (pour usages spécifiques) par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Industries manufacturières. I=1,.....,NSMAN	kWh/MU	Exprimée en termes d'énergie finale par MU.
EI.TU.AG(I)	Consommation spécifique d'énergie utile pour usages thermiques par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Agriculture. I=1,.....,NSAGR	kWh/MU	
EI.TU.CO(I)	Consommation spécifique d'énergie utile pour usages thermiques par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Construction. I=1,.....,NSCON	kWh/MU	
EI.TU.MI(I)	Consommation spécifique d'énergie utile pour usages thermiques par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Mines. I=1,.....,NSMIN	kWh/MU	
EI.TU.MA(I)	Consommation spécifique d'énergie utile pour usages thermiques par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du sous-secteur I du secteur Ind. Manufacturières I=1,.....,NSMAN	kWh/MU	



Tableau 4.1e. Liste et définitions des variables d'entrée relatives à la pénétration des formes d'énergie dans les usages thermiques pour les secteurs Agriculture, Construction et Mines (ACM)

<b>PENETRATION DES DIFFERENTES FORMES D'ENERGIE DANS LA DEMANDE D'ENERGIE THERMIQUE UTILE POUR LES SECTEURS AGRICULTURE, CONSTRUCTION ET MINES (ACM):</b> (voir Tableaux 5-1 à 5-3 dans la feuille de calcul "ACMFac-D" de MAED_D.xls)			
TFPAGR	Pénétration de la source d'énergie I dans le marché de la demande d'énergie thermique utile du secteur économique J.  Formes d'énergie: (I=1) Combustibles traditionnels (TF) (I=2) Biomasse moderne (MB) (I=3) Electricité (EL) (I=4) Solaire (SS) (I=5) Combustibles fossiles (FF)  Secteurs: (J=1) Agriculture (AGR) (J=2) Construction (CON) (J=3) Mines (MIN)	%	La somme des pénétrations des formes d'énergie pour chaque secteur doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les quatre premières formes d'énergie, la pénétration pour la dernière (Combustibles fossiles) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
MBPAGR			
ELPAGR			
SSPAGR			
FFPAGR			
TFPCON			
MBPCON			
ELPCON			
SSPCON			
FFPCON			
TFPMIN			
MBPMIN			
ELPMIN			
SSPMIN			
FFPMIN			

Tableau 4.1f. Liste et définitions des variables d'entrée relatives aux rendements des combustibles utilisés pour des usages thermiques dans les secteurs Agriculture, Construction et Mines (ACM)

<b>RENDEMENTS MOYENS DES COMBUSTIBLES POUR LES USAGES THERMIQUES DANS LES SECTEURS AGRICULTURE, CONSTRUCTION ET MINES (ACM):</b> (voir Tableaux 5-5 ÷ 5-7 dans la feuille de calcul "ACMFac-D" de MAED_D.xls)	
TFEAGR	Rendement moyen d'utilisation du combustible I pour les processus thermiques dans le secteur économique J, par rapport au rendement de l'électricité.
TFECON	
TFEMIN	
MBEAGR	Formes d'énergie: (I=1) Combustibles traditionnels (TF) (I=2) Biomasse moderne (MB) (I=3) Combustibles fossiles (FF)
MBECON	
MBEMIN	
FFEAGR	Secteurs: (J=1) Agriculture (AGR) (J=2) Construction (CON) (J=3) Mines (MIN)
FFECON	
FFEMIN	

Tableau 4.1g. Liste et définitions des variables d'entrée relatives à la demande d'énergie thermique utile dans les Industries manufacturières

<b>PROPORTIONS DES DIFFERENTS PROCESSUS DANS LA DEMANDE D'ENERGIE THERMIQUE UTILE DES INDUSTRIES MANUFACTURIERES:</b> (voir feuille de calcul "ManFac1-D" dans MAED_D.xls)		
PUSIND (I,J)	Proportion du processus thermique J dans la demande d'énergie thermique utile du sous-secteur I des Industries manufacturières. I=1,....,NSMAN <i>Processus thermiques:</i> (J=1) Production de vapeur (STM) (J=2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J=3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)	%  La somme des proportions pour le même sous-secteur doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement spécifier les deux premiers processus, la proportion pour le dernier (Chauffage/eau chaude sanitaire) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
<b>PENETRATION DES FORMES D'ENERGIE DANS LA DEMANDE D'ENERGIE THERMIQUE UTILE DES INDUSTRIES MANUFACTURIERES:</b> (voir Tableau 8-1 dans la feuille de calcul "ManFac2-D" de MAED_D.xls)		
ELPMAN(J) ELP.STM.MAN ELP.FUR.MAN ELP.SWH.MAN	Pénétration de l'électricité dans le marché du processus thermique J de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières. <i>Processus thermiques:</i> (J=1) Production de vapeur (STM) (J=2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J=3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)	%  Incluant la contribution des pompes à chaleur pour: la Production de vapeur et le Chauffage/eau chaude sanitaire.
HPP.STM.MAN HPP.SWH.MAN	Contribution des pompes à chaleur aux processus: Production de vapeur (STM) et Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH) dans les Industries manufacturières.	%  Part de la pénétration de l'électricité dans les marchés correspondants.
DHP.STM.MAN DHP.SWH.MAN	Pénétration des systèmes centralisés dans les processus: Production de vapeur (STM) et Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH) des Industries manufacturières.	%
CGP.STM.MAN CGP.SWH.MAN	Proportion de la demande de Production de vapeur (STM) et de Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH) des Industries manufacturières satisfaite par les Combustibles fossiles et la Biomasse moderne, avec cogénération d'électricité.	%
SSP.STM.MAN SSP.SWH.MAN	Pénétration de l'énergie solaire dans les processus Production de vapeur (STM) et Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH) des Industries manufacturières.	%
TFPMAN(J) TFP.STM.MAN TFP.FUR.MAN TFP.SWH.MAN	Pénétration des combustibles traditionnels dans les différents marchés de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières. <i>Processus thermiques:</i> (J=1) Production de vapeur (STM) (J=2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J=3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)	%
MBPMAN(J) MBP.STM.MAN MBP.FUR.MAN MBP.SWH.MAN	Pénétration de la biomasse moderne dans les différents marchés de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières. <i>Processus thermiques:</i> (J=1) Production de vapeur (STM) (J=2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J=3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)	%

Tableau 4.1h. Liste et définitions des variables d'entrée concernant les rendements et les autres paramètres relatifs à la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières

<b>RENDEMENTS ET AUTRES PARAMETRES RELATIFS A LA DEMANDE D'ENERGIE THERMIQUE UTILE DES INDUSTRIES MANUFACTURIERES:</b> (voir Tableau 8-2 dans la feuille de calcul "ManFac2-D" de MAED_D.xls)			
		rappel	Energie thermique produite par unité d'électricité utilisée.
HPEMAN	Coefficient de performance des pompes à chaleurs (électriques) dans les Industries manufacturières.		
FIDS	Proportion approximative de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières qui pourrait être satisfaite par des installations solaires.	%	Note: (100 – FIDS) détermine les autres formes d'énergie d'appui nécessaires.
EFFCOG	Rendement des installations de cogénération.	%	(Production de chaleur + électricité) / Contenu énergétique du combustible utilisé
HEL RAT	Rapport chaleur/électricité dans la production des installations de cogénération.	rappel	kWh chaleur / kWh électricité
MBSCOG	Proportion de <i>biomasse moderne</i> dans la quantité totale de combustible utilisé par les installations de cogénération (Combustibles fossiles et Biomasse moderne).	%	
FFEMAN(J)	Rendement moyen d'utilisation des combustibles fossiles pour le processus thermique J du secteur Industries manufacturières, par rapport au rendement de l'électricité.	%	
FFE.STM.MAN	<i>Processus thermiques:</i> (J=1) Production de vapeur (STM)		
FFE.FUR.MAN	(J=2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR)		
FFE.SWH.MAN	(J=3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)		
TFEMAN(J)	Rendement moyen d'utilisation des combustibles traditionnels pour le processus thermique J du secteur Industries manufacturières, par rapport au rendement de l'électricité.	%	
TFE.STM.MAN	<i>Processus thermiques:</i> (J=1) Production de vapeur (STM)		
TFE.FUR.MAN	(J=2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR)		
TFE.SWH.MAN	(J=3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)		
MBEMAN(J)	Rendement moyen d'utilisation de la biomasse moderne pour le processus thermique J du secteur Industries manufacturières, par rapport au rendement de l'électricité.	%	
MBE.STM.MAN	<i>Processus thermiques:</i> (J=1) Production de vapeur (STM)		
MBE.FUR.MAN	(J=2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR)		
MBE.SWH.MAN	(J=3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)		

Tableau 4.1.i. Liste et définitions des variables d'entrée relatives à la production d'acier et à la consommation de matières premières énergétiques dans l'industrie chimique et pétrochimique

<b>PRODUCTION D'ACIER ET CONSOMMATION DE MATIERES PREMIERES ENERGETIQUES DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE ET PETROCHIMIQUE:</b> (voir Tableau 8-4 dans la feuille de calcul "ManFac2-D" de MAED_D.xls)		
	voir commentaire	
CPST(1) CPST(2)		Constantes utilisées pour projeter la production d'acier.
BOF	%	Proportion d'acier produit avec des technologies utilisant le coke.
IRONST	%	Consommation spécifique de fonte brute dans les aciéries non-électriques.
EICOK	kg/tonne	Consommation de coke par unité de production de fonte brute dans les hauts fourneaux.
CFEED(1) CFEED(2)	voir commentaire	Constantes utilisées pour projeter les matières premières énergétiques nécessaires pour l'industrie chimique et pétrochimique.
		<p>La première constante exprimée en millions de tonnes d'acier; la seconde en tonnes d'acier par mille MU de valeur ajoutée du premier sous-secteur des Industries manufacturières.</p> <p>Pour des raisons de cohérence, l'industrie de l'acier doit être considérée, tant du point de vue de la consommation d'énergie que de la valeur ajoutée, dans le premier sous-secteur des Industries manufacturières.</p> <p>Pour des raisons de cohérence, la consommation d'électricité pour la production d'acier par des procédés électriques doit être reflétée dans l'intensité des usages spécifiques de l'électricité du premier sous-secteur des Industries manufacturières.</p> <p>Tonnes de fonte brute par tonne d'acier non-électrique produits; le reste étant supposé être de la ferraille.</p> <p>La première constante est exprimée en millions de tonnes de matières premières énergétiques; la seconde en tonnes de matières premières énergétiques par mille MU de valeur ajoutée du premier sous-secteur des Industries manufacturières.</p> <p>Pour des raisons de cohérence, l'industrie chimique et pétrochimique doit être considérée dans le premier sous-secteur des Industries manufacturières, tant du point de vue de sa consommation d'énergie que de sa valeur ajoutée.</p>

Tableau 4.1.j. Liste et définitions des variables d'entrée du secteur Transport de marchandises

<b>TRANSPORT:</b>	
<b>TRANSPORT DE MARCHANDISES:</b> (voir feuilles de calcul "FrTrp-D" et "Defis" dans MAED_D.xls)	
CTKFT(I)	Coefficients des termes de l'équation utilisée pour projeter la demande totale de transport de marchandises. I = 1, 2, 3, ....., NS
CKFT	Terme constant dans l'équation utilisée pour projeter la demande totale de transport de marchandises.
SFTM(I)	Proportion du mode de transport I dans la demande totale de transport de marchandises. I = 1, ....., NMFT
EIFTM(I)	Intensité énergétique (consommation spécifique d'énergie) du mode de transport de marchandises I. I = 1, ....., NMFT
FCFT(I)	Code relatif au carburant utilisé pour le mode de transport de marchandises I. I = 1, ....., NMFT
CFFT(J)	Facteur de conversion de l'unité naturelle de consommation spécifique de carburants spécifiée par l'utilisateur au kWh/100tkm pour le mode de transport de marchandises utilisant le carburant J. J = 1, ....., NTF

NS = NSAGR + NSCON + NSMIN + NSMAN + NSSER + 1 tkm = tonne-kilomètre	tkm/MU		
La somme de ces variables doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pourcentages des (NMFT-1) premiers modes de transport, la proportion du dernier étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.	10 <sup>6</sup> tkm		
Mesurée en unité naturelle, indiquée par l'utilisateur dans la feuille de calcul "Defis". L'utilisateur peut uniquement choisir l'unité du numérateur de l'intensité énergétique, p.ex. litres de carburants, kgec de charbon etc., le dénominateur (100t-km) étant incorporé dans les équations du modèle.	%		
	voir commentaire		
Code numérique compris entre 1 et 8, défini par l'utilisateur dans les cellules K38 à K45 de la feuille de calcul "Defis". Le même code pour un carburant donné peut être utilisé pour plusieurs modes de transport de marchandises.	-		
Spécifié par l'utilisateur dans les cellules M38 à M45 de la feuille de calcul "Defis".			

Tableau 4.1k. Liste et définitions des variables d'entrée relatives au secteur Transport urbain de passagers

<b>TRANSPORT URBAIN DE PASSAGERS:</b> (voir les feuilles de calcul "PassIntra-D" et "Defs" de MAED_D.xls)			
DU	Distance urbaine moyenne parcourue par personne et par jour.	km/pers./jour	Utilisée seulement par la population vivant dans les grandes villes.
LFUTM(I)	Facteur de charge moyen du mode de transport urbain de passagers I. I=1,.....,NMUT	personne/ mode de transport	
SUTM(I)	Part du mode de transport I dans la demande totale de transport urbain de passagers. I=1,.....,NMUT	%	La somme de ces variables doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pourcentages pour les (NMUT-1) premiers modes de transport, la part du dernier étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
EIUTM(I)	Intensité énergétique (consommation spécifique d'énergie) du mode de transport I en ville. I=1,.....,NMUT	voir commentaire	Mesurée en unité naturelle, définie par l'utilisateur dans la feuille de calcul "Defs". L'utilisateur peut uniquement choisir le numérateur de l'unité de l'intensité énergétique, p.ex. litres de carburants, etc., le dénominateur (100 km) étant incorporé dans les équations du modèle.
FCUT(I)	Code relatif au carburant utilisé pour le mode de transport urbain de passagers I. I=1,.....,NMUT	-	Code numérique compris entre 1 et 8, défini dans les cellules K38 à K45 de la feuille de calcul "Defs". Le même code de carburant peut être utilisé pour plusieurs modes de transport urbain de passagers. Le charbon ne peut pas être utilisé pour le transport urbain de passagers.
CFPT(J)	Facteur de conversion de l'unité naturelle de consommation spécifique de carburants spécifiée par l'utilisateur, au kWh/km pour le mode de transport de passagers utilisant le carburant J. J=1,.....,NTF		Spécifié par l'utilisateur dans les cellules O38 à O45 de la feuille de calcul "Defs".

Tableau 4.11. Liste et définitions des variables d'entrée relatives au Transport interurbain de passagers

TRANSPORT INTERURBAIN DE PASSAGERS: (voir feuilles de calcul "PassInter-D" et "Defs" de MAED_D.xls)			
DI	Distance interurbaine moyenne parcourue par personne et par an.	km/pers./an	S'applique à la population totale.
CO	Inverse du taux de motorisation (voitures/1000 personnes).	personnes/ voiture	Rapport: Population totale / Nombre total de voitures.
DIC	Distance interurbaine moyenne parcourue par voiture par an.	km/voiture/an	Note: La somme de la valeur de DIC et de la distance moyenne roulée par voiture par an en ville obtenue à la suite des hypothèses sur les paramètres PO, POPLC, DU, proportion des voitures dans le transport urbain de passagers et facteur de charge moyen des voitures en ville, doit être égale à la distance totale moyenne roulée par voiture et par an.
LFITM(I)	Facteur de charge moyen du mode de transport interurbain de passagers I. I=1,.....,NMIT LFITM(I) = LFCIT pour I = 2, 3, 4, 5 et 6 (voitures)	personnes/ mode transp. (voir commentaire)	L'unité pour les avions est le % de sièges occupés. Les différents types de voitures sont supposés avoir le même facteur de charge moyen (LFCIT) en ville.
SITC(I)	Part des voitures du type I dans le trafic total interurbain de passagers effectué en voiture. I=1,.....,NCTIT	%	La somme de ces variables doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les parts des (NCTIT-1) premiers types de voitures, la part du dernier type étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
SITM(I)	Part du mode de transport public I dans le trafic total de passagers interurbain effectué par des modes de transport publics (hors trafic en voiture). I=1,.....,NMIT-NCTIT	%	La somme de ces variables doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les parts des (NMIT-NCTIT-1) premiers modes de transport, la part du dernier étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
EIITM(I)	Intensité énergétique (consommation spécifique d'énergie) du mode de transport I dans le trafic interurbain. I=1,.....,NMIT	voir commentaire	Mesurée en unité naturelle, définie par l'utilisateur dans la feuille de calcul "Defs". L'utilisateur peut uniquement choisir l'unité du numérateur de l'intensité énergétique, p.ex. litres de carburants, kgec de charbon etc., le dénominateur (1000 sièges-km pour les avions et 100 km pour les autres modes) étant incorporé dans les équations du modèle.
FCIT(I)	Code relatif au carburant utilisé pour le mode de transport interurbain de passagers I. I=1,.....,NMIT	-	Code numérique compris entre 1 et 8, défini dans les cellules K38 à K45 de la feuille de calcul "Defs". Le même code de carburant peut être utilisé pour plusieurs modes de transport interurbain de passagers.
CMFMIS(1) CMFMIS(2)	Constantes utilisées pour projeter la demande totale de carburants du transport international et militaire.	voir commentaire	La première constante est exprimée dans l'unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs"; la seconde est exprimée en kWh/MU de PIB.



Tableau 4.1m. Liste et définitions des variables d'entrée du sous-secteur Ménages urbains

<b>MENAGES:</b>			
<b>MENAGES URBAINS:</b> (voir feuille de calcul "US_HH_Ur-D" dans MAED_D.xls)			
UDWSH	Proportion de logements urbains situés dans des régions où le chauffage est nécessaire.	%	Par rapport au nombre total de logements urbains.
UDD	Degrés jours pour les logements urbains.	degrés jours	La définition utilisée ici est basée sur: (a) un seuil de 18°C; (b) la température moyenne mensuelle; et (c) la température moyenne des régions (pondérée en fonction de leur population urbaine) ayant besoin de chauffage.
UDW(I)	Proportion de logements urbains par type. I=1,.....,NUDT	%	Par rapport au nombre total de logements urbains situés dans des régions où le chauffage est nécessaire.
UDWS(I)	Surface moyenne des logements urbains par type. I=1,.....,NUDT	m <sup>2</sup> /lgmnt	La somme de ces proportions doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pourcentages pour les (NUDT-1) premiers types de logements, la proportion pour le dernier type étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
UAREAH(I)	Proportion de la surface du logement urbain de type I réellement chauffée. I=1,.....,NUDT	%	Par rapport à la superficie moyenne UDWS(I) du logement.
UK(I)	Coefficient de transfert de chaleur par type de logement urbain. I=1,.....,NUDT	voir commentaire	Wh / m <sup>2</sup> / degré Celsius / heure
UDWAC(I)	Proportion des logements urbains équipés de climatisation, par type de logement. I=1,.....,NUDT	%	Par rapport au nombre total de logements urbains d'un type donné.
UACDW(I)	Consommation spécifique d'énergie pour le refroidissement par type de logement urbain. I=1,.....,NUDT	kWh/lgmnt/an	
CKUDW	Consommation spécifique d'énergie pour la cuisson des ménages urbains (énergie utile).	kWh/lgmnt/an	
UDWHW	Proportion de logements urbains équipés d'installations de production d'eau chaude sanitaire.	%	Par rapport au nombre total de logements urbains.
UHWCAP	Consommation spécifique d'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire par personne appartenant à un ménage urbain (énergie utile).	kWh/pers./an	
ELAPUDW	Consommation spécifique d'électricité (énergie finale) par logement urbain pour les appareils domestiques électriques (autre usage final que chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson et climatisation).	kWh/lgmnt/an	Ce paramètre fait référence aux ménages des localités urbaines électrifiées (voir variable ELPD).
ELPU	Pénétration de l'électricité pour les appareils domestiques pour les ménages urbains.	%	Cette variable peut être interprétée comme la proportion de logements urbains électrifiés (c'est à dire le taux d'électrification des ménages urbains).

Suite

Tableau 4.1m. Liste et définitions des variables d'entrée relatives aux Ménages urbains (suite)

FFLTUDW	Consommation spécifique de combustibles fossiles (énergie finale) par logement urbain pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques (autre usage final que chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson et climatisation).	kWh/igmnt/an	Ce paramètre fait référence aux ménages non-électrifiés des localités urbaines (voir variable ELPJ) et aux usages finaux tels que l'éclairage à partir de combustibles fossiles, les réfrigérateurs au gaz naturel etc.
TFP.UH.SH MBP.UH.SH ELP.UH.SH HPP.UH.SH DHP.UH.SH SSP.UH.SH FFP.UH.SH	Pénétration des différentes formes d'énergie utilisées pour le chauffage (SH) des ménages urbains (UH): <i>Formes d'énergie:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Electricité conventionnelle (EL) (4) Pompe à chaleur (HP) (5) Systèmes centralisés (DH) (6) Energie solaire (SS) (7) Combustibles fossiles (FF)	%	La contribution des pompes à chaleur au chauffage électrique (HPP.UH.SH) est prise en compte dans la pénétration de l'électricité dans le marché considéré. La somme des pénétrations des formes d'énergie (à l'exception des pompes à chaleur) doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pénétrations des (n-1) premières formes d'énergie, la pénétration de la dernière (Combustibles fossiles) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction. Par rapport à celui de l'électricité pour le même usage.
TFE.UH.SH MBE.UH.SH FFE.UH.SH	Rendement d'utilisation des différents combustibles pour le chauffage (SH) des ménages urbains (UH): <i>Combustibles:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Combustibles fossiles (FF)	%	
HPE.UH.SH	Coefficient de performance (COP) des pompes à chaleur (électriques) pour le chauffage (SH) des ménages urbains (UH).	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie électrique consommée.
FDS.UH.SH	Proportion approximative de la demande de chauffage (SH) des ménages urbains (UH) qui pourrait être satisfaite par des installations solaires.	%	Le reste de la demande devra être satisfaite par d'autres formes d'énergie.
TFP.UH.HW MBP.UH.HW ELP.UH.HW HPP.UH.HW DHP.UH.HW SSP.UH.HW FFP.UH.HW	Pénétration des différentes formes d'énergie utilisées pour la production d'eau chaude sanitaire (HW) dans les ménages urbains (UH): <i>Formes d'énergie:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Electricité conventionnelle (EL) (4) Pompes à chaleur (HP) (5) Systèmes centralisés (DH) (6) Energie solaire (SS) (7) Combustibles fossiles (FF)	%	La contribution des pompes à chaleur à la production d'eau chaude sanitaire (HPP.UH.HW) est prise en compte dans la pénétration de l'électricité dans le marché considéré. La somme des pénétrations des formes d'énergie (excluant les pompes à chaleur) doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pénétrations des (n-1) premières formes d'énergie, la pénétration de la dernière (Combustibles fossiles) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.

Suite

Tableau 4.1m. Liste et définitions des variables d'entrée relatives aux Ménages urbains (suite)

TFE.UH.HW MBE.UH.HW FFE.UH.HW	Rendement d'utilisation des différents combustibles pour la production d'eau chaude sanitaire (HW) des ménages urbains (UH): <i>Combustibles:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Combustibles fossiles (FF)	%	Par rapport à celui de l'électricité pour le même usage.
HPE.UH.HW	Coefficient de performance (COP) des pompes à chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire (HW) des ménages urbains (UH).	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie électrique consommée.
FDS.UH.HW	Proportion approximative de la demande d'eau chaude sanitaire (HW) des ménages urbains (UH) qui pourrait être satisfaite par des installations solaires.	%	Le reste de la demande devra être satisfait par d'autres formes d'énergie.
TFP.UH.CK MBP.UH.CK ELP.UH.CK SSP.UH.CK FFP.UH. CK	Pénétration des différentes formes d'énergie utilisées pour la cuisson (CK) dans les ménages urbains (UH): <i>Formes d'énergie:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Electricité conventionnelle (EL) (4) Energie solaire (SS) (5) Combustibles fossiles (FF)	%	La somme des pénétrations des formes d'énergie doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pénétrations des (n-1) premières formes d'énergie, la pénétration de la dernière (Combustibles fossiles) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
TFE.UH.CK MBE.UH.CK FFE.UH.CK	Rendement d'utilisation des différents combustibles utilisés pour la cuisson (CK) dans les ménages urbains (UH): <i>Combustibles:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Combustibles fossiles (FF)	%	Par rapport à celui de l'électricité pour le même usage.
FDS.UH.CK	Proportion approximative de la demande d'énergie pour la cuisson (CK) dans les ménages urbains (UH) qui pourrait être satisfaite avec des installations solaires.	%	Le reste de la demande devra être satisfait par d'autres formes d'énergie.
ELP.UH.AC	Proportion de la demande de climatisation (AC) des ménages urbains (UH) qui peut être satisfaite avec des climatiseurs électriques.	%	Le reste de la demande de climatisation est supposé être satisfait par des climatiseurs non-électriques (combustibles fossiles) [FFP.UH.AC].
ELE.UH.AC	Coefficient de performance (COP) des climatiseurs (AC) électriques dans les ménages urbains (UH).	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie électrique consommée.
FFE.UH.AC	Coefficient de performance (COP) des climatiseurs (AC) non-électriques dans les ménages urbains (UH).	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie consommée.

Tableau 4.1n. Liste et définitions des variables d'entrée relatives aux Ménages ruraux

<b>MENAGES RURAUX:</b> (voir feuille de calcul "US_HH_Rr-D" de MAED D.xls)			
RDWSH	Fraction des logements ruraux situés dans des régions où le chauffage est nécessaire.	%	Par rapport au nombre total des logements ruraux.
RDD	Degré jours pour les logements ruraux.	degré jours	La définition utilisée ici est basée sur: (a) un seuil de 18°C; (b) la température moyenne mensuelle; et (c) la température moyenne des régions (pondérée en fonction de leur population rurale) qui ont besoin de chauffage.
RDW(I)	Répartition des logements ruraux par type. I=1,.....,NRDT	%	Par rapport au nombre total de logements urbains situés dans des régions où le chauffage est nécessaire. La somme de ces pourcentages doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pourcentages pour les (NRDT-1) premiers types de logements, le pourcentage pour le dernier type étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
RDWS(I)	Surface moyenne des logements ruraux par type. I=1,.....,NRDT	m <sup>2</sup> /lgmnt	Par rapport à la superficie moyenne RDWS(I) du logement.
RAREAH(I)	Pourcentage de la surface du logement rural de type I réellement chauffée. I=1,....., NRDT	%	Wh / m <sup>2</sup> / degré Celsius / heure
RK(I)	Coefficient spécifique de transfert de chaleur par type de logement rural. I=1,....., NRDT	voir commentaire	Par rapport au nombre total de logements ruraux d'un type donné.
RDWAC(I)	Proportion des logements ruraux avec climatisation, par type de logement. I=1,....., NRDT	%	
RACDW(I)	Consommation spécifique d'énergie pour le refroidissement par type de logement rural. I=1,.....,NRDT	kWh/lgmnt/a n	
CKRDW	Consommation spécifique d'énergie pour la cuisson des ménages ruraux (énergie utile).	kWh/lgmnt/a n	
RDWHW	Proportion des logements ruraux alimentés en eau chaude sanitaire.	%	Par rapport au nombre total de logements ruraux.
RHWCAP	Consommation spécifique d'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire par personne dans les ménages ruraux (énergie utile).	kWh/pers./an	
ELAPRDW	Consommation spécifique d'électricité (énergie finale) par logement rural pour les appareils électriques domestiques (autres usages finaux que chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson et climatisation).	kWh/lgmnt/a n	Ce paramètre se réfère aux ménages des localités rurales électrifiées (voir variable ELPR).

Suite

Tableau 4.1n. Liste et définitions des variables d'entrée relatives aux Ménages ruraux (suite)

ELPR	Pénétration de l'électricité pour les appareils domestiques dans les ménages ruraux.	%	Cette variable peut être interprétée comme la proportion de logements ruraux électrifiés (c'est à dire le taux d'électrification des ménages ruraux).
FFLTRDW	Consommation spécifique de combustibles fossiles (énergie finale) par logement rural pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques (autres usages finaux que chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson et climatisation).	kWh/lgmt/an	Ce paramètre fait référence aux ménages non-électrifiés des localités rurales (voir variable ELPR) et aux usages finaux tels que l'éclairage à partir de combustibles fossiles, les réfrigérateurs au gaz naturel etc.
TFP.RH.SH MBP.RH.SH ELP.RH.SH HPP.RH.SH DHP.RH.SH SSP.RH.SH FFP.RH.SH	Pénétration des différentes formes d'énergie utilisées pour le chauffage (SH) dans les ménages ruraux (RH): <i>Formes d'énergie:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Electricité conventionnelle (EL) (4) Pompe à chaleur (HP) (5) Systèmes centralisés (DH) (6) Energie solaire (SS) (7) Combustibles fossiles (FF)	%	La contribution des pompes à chaleur au chauffage électrique (HPP.RH.SH) est prise en compte dans la pénétration de l'électricité dans le marché considéré. La somme des pénétrations des formes d'énergie (à l'exception des pompes à chaleur) doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pénétrations des (n-1) premières formes d'énergie, la pénétration de la dernière (Combustibles fossiles) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
TFE.RH.SH MBE.RH.SH FFE.RH.SH	Rendement d'utilisation des différents combustibles pour le chauffage (SH) dans les ménages ruraux (RH): <i>Combustibles:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Combustibles fossiles (FF)	%	Par rapport à celui de l'électricité pour le même usage.
HPE.RH.SH	Coefficient de performance (COP) des pompes à chaleur (électriques) pour le chauffage (SH) des ménages ruraux (RH).	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie électrique consommée.
FDS.RH.SH	Proportion approximative de la demande de chauffage (SH) des ménages ruraux (RH) qui pourrait être satisfaite par des installations solaires.	%	Le reste de la demande devra être satisfait par d'autres formes d'énergie.
TFP.RH.HW MBP.RH.HW ELP.RH.HW HPP.RH.HW DHP.RH.HW SSP.RH.HW FFP.RH.HW	Pénétration des différentes formes d'énergie utilisées pour la production d'eau chaude sanitaire (HW) dans les ménages ruraux (RH): <i>Formes d'énergie:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Electricité conventionnelle (EL) (4) Pompes à chaleur (HP) (5) Systèmes centralisés (DH) (6) Energie solaire (SS) (7) Combustibles fossiles (FF)	%	La contribution des pompes à chaleur à la production d'eau chaude sanitaire (HPP.RH.HW) est directement prise en compte dans la valeur de la pénétration de l'électricité dans le marché considéré. La somme des pénétrations des formes d'énergie (à l'exception des pompes à chaleur) doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pénétrations des (n-1) premières formes d'énergie, la pénétration de la dernière (Combustibles fossiles) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.

Suite

Tableau 4.1n. Liste et définitions des variables d'entrée relatives aux Ménages ruraux (suite)

TFE.RH.HW MBE.RH.HW FFE.RH.HW	Rendement d'utilisation des différents combustibles pour la production d'eau chaude sanitaire (HW) dans les ménages ruraux (RH): <i>Combustibles:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Combustibles fossiles (FF)	%	Par rapport à celui de l'électricité pour le même usage.
HPE.RH.HW	Coefficient de performance (COP) des pompes à chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire (HW) dans les ménages ruraux (RH).	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie électrique consommée.
FDS.RH.HW	Proportion approximative de la demande d'eau chaude sanitaire (HW) des ménages ruraux (RH) qui pourrait être satisfaite par des installations solaires.	%	Le reste de la demande devra être satisfait par d'autres formes d'énergie.
TFP.RH.CK MBP.RH.CK ELP.RH.CK SSP.RH.CK FFP.RH.CK	Pénétration des différentes formes d'énergie utilisées pour la cuisson (CK) dans les ménages ruraux (RH): <i>Formes d'énergie:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Electricité conventionnelle (EL) (4) Energie solaire (SS) (5) Combustibles fossiles (FF)	%	La somme des pénétrations des formes d'énergie doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit seulement fournir les pénétrations des (n-1) premières formes d'énergie, la pénétration de la dernière (Combustibles fossiles) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
TFE.RH.CK MBE.RH.CK FFE.RH.CK	Rendement d'utilisation des différents combustibles utilisés pour la cuisson (CK) dans les ménages ruraux (RH): <i>Combustibles:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Combustibles fossiles (FF)	%	Par rapport à celui de l'électricité pour le même usage.
FDS.RH.CK	Proportion approximative de la demande de cuisson (CK) dans les ménages ruraux (RH) qui pourrait être satisfaite par des installations solaires.	%	Le reste de la demande devra être satisfait par d'autres formes d'énergie.
ELP.RH.AC	Proportion de la demande de climatisation (AC) des ménages ruraux (RH) qui peut être satisfaite par des climatiseurs électriques.	%	Le reste de la demande de climatisation est supposé être satisfait par des climatiseurs non-électriques (combustibles fossiles) [FFP.RH.AC].
ELE.RH.AC	Coefficient de performance (COP) des climatiseurs (AC) électriques dans les ménages ruraux (RH).	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie électrique consommée.
FFE.RH.AC	Coefficient de performance (COP) des climatiseurs (AC) non-électriques dans les ménages ruraux (RH).	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie consommée.

Suite

Tableau 4.1o. Liste et définitions des variables d'entrée relatives au secteur Services

<b>SERVICES:</b> (voir les feuilles de calcul "US_SS-D" et "SS_Fac-D" de MAED_D.xls)			
PLSER AREAL	Proportion du secteur Services dans la main d'œuvre active totale. Surface moyenne par employée dans le secteur Services.	% m <sup>2</sup> / employée	
ARSH AREAH	Proportion de la surface du secteur Services ayant besoin de chauffage. Proportion de la surface du secteur Services ayant besoin de chauffage et étant réellement chauffée.	% %	Par rapport à la surface totale du secteur Services. Par rapport à la surface du secteur Services qui a besoin de chauffage.
SSHR	Consommation spécifique d'énergie pour le chauffage des bâtiments du secteur Services (énergie utile).	kWh/m <sup>2</sup> /an	
AREAAC	Proportion de la surface du secteur Services qui est climatisée.	%	Par rapport à la surface totale du secteur Services.
SACR	Consommation spécifique d'énergie pour la climatisation du secteur Services (énergie utile).	kWh/m <sup>2</sup> /an	
EI.MF.SE(I)	Intensité énergétique des carburants dans le sous-secteur I du secteur Services (énergie finale). I=1,...,NSSER	kWh/MU	
EI.ELS.SE(I)	Intensité énergétique des usages spécifiques de l'électricité dans le sous-secteur I du secteur Services (énergie finale). I=1,...,NSSER	kWh/MU	
EI.OTU.SE(I)	Intensité énergétique des autres usages thermiques (à l'exception du chauffage) dans le sous-secteur I du secteur Services (énergie utile). I=1,...,NSSER	kWh/MU	
TFP.SER.SH MBP.SER.SH ELP.SER.SH HPP.SER.SH DHP.SER.SH SSP.SER.SH FFP.SER.SH	Pénétration des différentes formes d'énergie utilisées pour le chauffage (SH) dans le secteur Services : <i>Formes d'énergie:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Electricité conventionnelle (EL) (4) Pompes à chaleur (HP) (5) Systèmes centralisés (DH) (6) Energie solaire (SS) (7) Combustibles fossiles (FF)	%	La contribution des pompes à chaleur au chauffage électrique (HPP.SER.SH) est prise en compte dans la pénétration de l'électricité dans le marché considéré. La somme des pénétrations des différentes formes d'énergie (à l'exception des pompes à chaleur) doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit fournir les pénétrations des (n-1) premières formes d'énergie, la pénétration de la dernière (Combustibles fossiles) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.

Suite

Tableau 4.1o. Liste et définitions des variables d'entrée relatives au secteur Services (suite)

TFP.SER.OTU MBP.SER.OTU ELP.SER.OTU DHP.SER.OTU SSP.SER.OTU FFP.SER.OTU	Pénétration des différentes formes d'énergie utilisées pour les autres usages thermiques (OTU) dans le secteur Services (à l'exception du chauffage): <i>Formes d'énergie:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Electricité, conventionnelle (EL) (4) Systèmes centralisés (DH) (5) Energie solaire (SS) (6) Combustibles fossiles (FF)	%	La somme des pénétrations des différentes formes d'énergie doit être égale à 100. Par conséquent, l'utilisateur doit uniquement fournir les pénétrations des (n-1) premières formes d'énergie, la pénétration de la dernière (Combustibles fossiles) étant automatiquement calculée par le logiciel par soustraction.
TFE.SER.TU MBE.SER.TU FFE.SER.TU	Rendement d'utilisation des différents combustibles, par rapport à celui de l'électricité, pour les usages thermiques (TU) du secteur Services: <i>Combustibles:</i> (1) Combustibles traditionnels (TF) (2) Biomasse moderne (MB) (3) Combustibles fossiles (FF)	%	Les usages thermiques (TU) incluent: le Chauffage (SH) et les Autres usages thermiques (OTU).
HPE.SER.SH	Coefficient de performance (COP) des pompes à chaleur (électriques) pour le chauffage (SH) dans le secteur Services.	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie électrique consommée.
PLB	Proportion des bâtiments de petite hauteur dans la superficie totale du secteur Services.	%	Généralement, les bâtiments de moins de 3 étages sont considérés de petite hauteur et sont appropriés pour les installations solaires.
FDS.SER.TU	Proportion approximative des usages thermiques (TU) du secteur Services qui pourraient être satisfaits par des installations solaires.	%	Les usages thermiques (TU) incluent: le Chauffage (SH) et les Autres usages thermiques (OTU). Le reste de la demande devra être satisfait par d'autres formes d'énergie.
ELP.SER.AC	Proportion de la demande de climatisation (AC) qui peut être satisfaite par des climatiseurs électriques.	%	Le reste de la demande de climatisation est supposée être satisfait par des climatiseurs non-électriques (combustibles fossiles) [FFP.SER.AC].
ELE.SER.AC	Coefficient de performance (COP) des climatiseurs électriques dans le secteur Services.	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie électrique consommée.
FFE.SER.AC	Coefficient de performance (COP) des climatiseurs non-électriques dans le secteur Services.	rapport (voir commentaire)	Energie thermique produite / énergie consommée.



Tableau 4.2. Liste et définitions des variables dérivées du module MAED\_D du modèle MAED

(Remarque: Les variables qui sont utilisées dans les équations du Chapitre 5, mais qui n'apparaissent pas dans les tableaux des feuilles de calcul EXCEL de MAED\_D, ont été soulignées pour faciliter leur identification.)

Tableau 4.2a. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la Démographie

VARIABLE	UNITE	EXPLICATION
<u>INCR</u>	années	Intervalle de temps entre deux années de référence successives du modèle.
<b>DEMOGRAPHIE:</b> (voir feuille de calcul "Demogr-D" dans MAED_D.xls)		
UHH	10 <sup>6</sup> mng	Nombre de ménages urbains.
PRUR	%	Proportion de population rurale.
RHH	10 <sup>6</sup> mng	Nombre de ménages ruraux.
ALF	10 <sup>6</sup> personnes	Main d'œuvre active totale.
POLC	10 <sup>6</sup> personnes	Population totale vivant dans des grandes villes (où un système de transport en commun est envisageable).

Tableau 4.2b. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la Formation du PIB

<b>FORMATION DU PIB:</b> (voir feuille de calcul GDP-D de MAED_D.xls)		
YAGR	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du secteur Agriculture à la formation du PIB.
YAG(I)	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du sous-secteur I du secteur Agriculture à la formation du PIB. I = 1,....., NSAGR
YCON	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du secteur Construction à la formation du PIB.
YCO(I)	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du sous-secteur I du secteur Construction à la formation du PIB. I = 1,....., NSCON
YMIN	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du secteur Mines à la formation du PIB.
YMI(I)	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du sous-secteur I du secteur Mines à la formation du PIB. I = 1,....., NSMIN
YMAN	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du secteur Industries manufacturières à la formation du PIB.
YMA(I)	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du sous-secteur I du secteur Industries manufacturières à la formation du PIB. I = 1,...., NSMAN
YSER	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du secteur Services à la formation du PIB.
YSE(I)	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du sous-secteur I du secteur Services à la formation du PIB. I=1,....., NSSER
YEN	10 <sup>9</sup> MU	Contribution du secteur Energie (pétrole/gaz/électricité) à la formation du PIB.

Suite

Tableau 4.2b. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la Formation du PIB  
(suite)

Y.CAP	MU/cap	PIB total par personne.
YAGR.CAP	MU/cap	PIB par personne, secteur Agriculture.
YCON.CAP	MU/cap	PIB par personne, secteur Construction.
YMIN.CAP	MU/cap	PIB par personne, secteur Mines.
YMAN.CAP	MU/cap	PIB par personne, secteur Industries manufacturières.
YSER.CAP	MU/cap	PIB par personne, secteur Services.
YEN.CAP	MU/cap	PIB par personne, secteur Energie.
YAGR.GR	%	Taux de croissance du PIB, secteur Agriculture.
YAG.GR(I)	%	Taux de croissance du PIB, sous-secteur I du secteur Agriculture. I=1,....., NSAGR
YCON.GR	%	Taux de croissance du PIB, secteur Construction.
YCO.GR(I)	%	Taux de croissance du PIB, sous-secteur I du secteur Construction. I=1,....., NSCON
YMIN.GR	%	Taux de croissance du PIB, secteur Mines.
YMI.GR(I)	%	Taux de croissance du PIB, sous-secteur I du secteur Mines. I=1,....., NSMIN
YMAN.GR	%	Taux de croissance du PIB, secteur Industries manufacturières.
YMA.GR(I)	%	Taux de croissance du PIB, sous-secteur I du secteur Industries manufacturières. I=1,....., NSMAN
YSER.GR	%	Taux de croissance du PIB, secteur Services.
YSE.GR(I)	%	Taux de croissance du PIB, sous-secteur I du secteur Services. I=1,....., NSSER
YEN.GR	%	Taux de croissance du PIB, secteur Energie.
Y.GR	%	Taux de croissance du PIB total.
Y.CAP.GR	%	Taux de croissance du PIB/personne.

Tableau 4.2c. Liste et définitions des variables dérivées relatives aux intensités énergétiques du secteur Industrie (Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières)

<b>INDUSTRIE:</b>		
<b>INTENSITES ENERGETIQUES DU SECTEUR INDUSTRIE (AGRICULTURE, CONSTRUCTION, MINES ET INDUSTRIES MANUFACTURIERES):</b>		
(voir feuille de calcul "EnInt-D" dans MAED_D.xls)		
EI.MF.AGR	kWh/MU	Consommation spécifique de carburants par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Agriculture.
EI.MF.CON	kWh/MU	Consommation spécifique de carburants par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Construction.
EI.MF.MIN	kWh/MU	Consommation spécifique de carburants par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Mines.
EI.MF.MAN	kWh/MU	Consommation spécifique de carburants par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Industries manufacturières.
EI.ELS.AGR	kWh/MU	Consommation spécifique d'électricité (pour ses usages spécifiques) par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Agriculture.
EI.ELS.CON	kWh/MU	Consommation spécifique d'électricité (pour ses usages spécifiques) par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Construction.
EI.ELS.MIN	kWh/MU	Consommation spécifique d'électricité (pour ses usages spécifiques) par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Mines.
EI.ELS.MAN	kWh/MU	Consommation spécifique d'électricité (pour ses usages spécifiques) par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Industries manufacturières.
EI.TU.AGR	kWh/MU	Demande spécifique d'énergie utile pour les usages thermiques par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Agriculture.
EI.TU.CON	kWh/MU	Demande spécifique d'énergie utile pour les usages thermiques par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Construction.
EI.TU.MIN	kWh/MU	Demande spécifique d'énergie utile pour les usages thermiques par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Mines.
EI.TU.MAN	kWh/MU	Demande spécifique d'énergie utile pour les usages thermiques par unité monétaire de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Industries manufacturières.

Tableau 4.2d. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie utile du secteur Industrie (Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières)

<b>DEMANDE D'ENERGIE UTILE DU SECTEUR INDUSTRIE (AGRICULTURE, CONSTRUCTION, MINES ET INDUSTRIES MANUFACTURIERES):</b>		
(voir feuille de calcul "UsEne-D" dans MAED_D.xls)		
US.MF.AGR	GWa	Demande de carburants (énergie utile) pour le secteur Agriculture.
US.MF.AG(I)	GWa	Demande de carburants (énergie utile) pour le sous-secteur I du secteur Agriculture. I=1,....., NSAGR
US.MF.CON	GWa	Demande de carburants (énergie utile) pour le secteur Construction.
US.MF.CO(I)	GWa	Demande de carburants (énergie utile) pour le sous-secteur I du secteur Construction. I=1,....., NSCON
US.MF.MIN	GWa	Demande de carburants (énergie utile) pour le secteur Mines.
US.MF.MI(I)	GWa	Demande de carburants (énergie utile) pour le sous-secteur I du secteur Mines. I=1,....., NSMIN
US.MF.MAN	GWa	Demande de carburants (énergie utile) pour le secteur Industries manufacturières.
US.MF.MA(I)	GWa	Demande de carburants (énergie utile) pour le sous-secteur I du secteur Industries manufacturières. I=1,....., NSMAN
US.MF.IND	GWa	Demande de carburants (énergie utile) pour le secteur agrégé Industrie.
US.ELS.AGR ELSAGR	GWa	Demande d'électricité (énergie utile) pour les usages spécifiques du secteur Agriculture.
US.ELS.AG(I)	GWa	Demande d'électricité (énergie utile) pour les usages spécifiques du sous-secteur I du secteur Agriculture. I=1,....., NSAGR
US.ELS.CON ELSCON	GWa	Demande d'électricité (énergie utile) pour les usages spécifiques du secteur Construction.
US.ELS.CO(I)	GWa	Demande d'électricité (énergie utile) pour les usages spécifiques du sous-secteur I du secteur Construction. I=1,....., NSCON
US.ELS.MIN ELSMIN	GWa	Demande d'électricité (énergie utile) pour les usages spécifiques du secteur Mines.
US.ELS.MI(I)	GWa	Demande d'électricité (énergie utile) pour les usages spécifiques du sous-secteur I du secteur Mines. I=1,....., NSMIN
US.ELS.MAN ELSMAN	GWa	Demande d'électricité (énergie utile) pour les usages spécifiques du secteur Industries manufacturières.
US.ELS.MA(I)	GWa	Demande d'électricité (énergie utile) pour les usages spécifiques du sous-secteur I du secteur Industries manufacturières. I=1....., NSMAN
US.ELS.IND	GWa	Demande d'électricité (énergie utile) pour les usages spécifiques du secteur agrégé Industrie.

Suite

Tableau 4.2d. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie utile du secteur Industrie (Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières) - suite.

<b>DEMANDE D'ENERGIE UTILE DU SECTEUR INDUSTRIE (AGRICULTURE, CONSTRUCTION, MINES ET INDUSTRIES MANUFACTURIERES):</b> (voir feuille de calcul "UsEne-D" dans MAED_D.xls)		
US.TU.AGR	GWa	Demande d'énergie utile pour les usages thermiques du secteur Agriculture.
US.TU.AG(I)	GWa	Demande d'énergie utile pour les usages thermiques du sous-secteur I du secteur Agriculture. I=1,....., NSAGR
US.TU.CON	GWa	Demande d'énergie utile pour les usages thermiques du secteur Construction.
US.TU.CO(I)	GWa	Demande d'énergie utile pour les usages thermiques du sous-secteur I du secteur Construction. I=1,....., NSCON
US.TU.MIN	GWa	Demande d'énergie utile pour les usages thermiques du secteur Mines.
US.TU.MI(I)	GWa	Demande d'énergie utile pour les usages thermiques du sous-secteur I du secteur Mines. I=1,....., NSMIN
<u>US.TU.ACM</u>	GWa	Demande d'énergie utile pour les usages thermiques des secteurs Agriculture + Construction + Mines (ACM).
US.TU.MAN	GWa	Demande d'énergie utile pour les usages thermiques du secteur Industries manufacturières.
US.TU.MA(I)	GWa	Demande d'énergie utile pour les usages thermiques du sous-secteur I du secteur Industries manufacturières. I=1,....., NSMAN
US.TU.IND	GWa	Demande d'énergie utile totale pour les usages thermiques du secteur agrégé Industrie.

Tableau 4.2e. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie utile et finale des secteurs Agriculture, Construction et Mines (ACM)

<b>PENETRATION DES FORMES D'ENERGIE DANS LA DEMANDE D'ENERGIE THERMIQUE UTILE DES SECTEURS AGRICULTURE, CONSTRUCTION ET MINES (ACM):</b> (voir Tableau 5-4 dans la feuille de calcul "ACMFac-D" de MAED_D.xls)		
TFPACM	%	Pénétration moyenne pondérée des combustibles traditionnels dans le marché de la demande d'énergie thermique utile du secteur agrégé (Agriculture + Construction + Mines).
MBPACM	%	Pénétration moyenne pondérée de la biomasse moderne dans le marché de la demande d'énergie thermique utile du secteur agrégé (Agriculture + Construction + Mines).
ELPACM	%	Pénétration moyenne pondérée de l'électricité dans le marché de la demande d'énergie thermique utile du secteur agrégé (Agriculture + Construction + Mines).
SSPACM	%	Pénétration moyenne pondérée des systèmes solaires dans le marché de la demande d'énergie thermique utile du secteur agrégé (Agriculture + Construction + Mines).
FFPACM	%	Pénétration moyenne pondérée des combustibles fossiles dans le marché de la demande d'énergie thermique utile du secteur agrégé (Agriculture + Construction + Mines).
<b>DEMANDE D'ENERGIE FINALE DES SECTEURS AGRICULTURE, CONSTRUCTION ET MINES:</b> (voir feuille de calcul "FIN_ACM" dans MAED_D.xls)		
TFAGR	GWa	Demande de combustibles traditionnels, secteur Agriculture.
MBAGR	GWa	Demande de biomasse moderne, secteur Agriculture.
<u>ELHAGR</u>	GWa	Demande d'électricité pour les usages thermiques, secteur Agriculture.
ELAGR	GWa	Demande totale d'électricité, secteur Agriculture.
SSAGR	GWa	Demande d'énergie thermique utile satisfaite par les systèmes solaires, secteur Agriculture.
FFAGR	GWa	Demande de combustibles fossiles (substituables), secteur Agriculture.
MFAGR	GWa	Demande de carburants, secteur Agriculture.
FINAGR	GWa	Demande d'énergie finale, secteur Agriculture.
TFAGR.S	%	Part des combustibles traditionnels dans la demande d'énergie finale, secteur Agriculture.
MBAGR.S	%	Part de la biomasse moderne dans la demande d'énergie finale, secteur Agriculture.
ELAGR.S	%	Part de l'électricité dans la demande d'énergie finale, secteur Agriculture.
SSAGR.S	%	Part de l'énergie solaire dans la demande d'énergie finale, secteur Agriculture.
FFAGR.S	%	Part des combustibles fossiles dans la demande d'énergie finale, secteur Agriculture.
MFAGR.S	%	Part des carburants dans la demande d'énergie finale, secteur Agriculture.

Suite

Tableau 4.2e. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie utile et finale des secteurs Agriculture, Construction et Mines (ACM) - suite.

EI.TF.AGR	kWh/MU	Demande de combustibles traditionnels par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Agriculture.
EI.MB.AGR	kWh/MU	Demande de biomasse moderne par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Agriculture.
EI.EL.AGR	kWh/MU	Demande d'électricité par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Agriculture.
EI.SS.AGR	kWh/MU	Demande d'énergie solaire par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Agriculture.
EI.FF.AGR	kWh/MU	Demande de combustibles fossiles par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Agriculture.
EI.MF.AGR	kWh/MU	Demande de carburants par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Agriculture.
EI.FIN.AGR	kWh/MU	Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Agriculture.
TFCON	GWa	Demande de combustibles traditionnels, secteur Construction.
MBCON	GWa	Demande de biomasse moderne, secteur Construction.
<u>ELHCON</u>	GWa	Demande d'électricité pour des usages thermiques, secteur Construction.
ELCON	GWa	Demande d'électricité, secteur Construction.
SSCON	GWa	Demande d'énergie thermique utile satisfaite par des systèmes solaires, secteur Construction.
FFCON	GWa	Demande de combustibles fossiles (substituables), secteur Construction.
MFCON	GWa	Demande de carburants, secteur Construction.
FINCON	GWa	Demande d'énergie finale, secteur Construction.
TFCON.S	%	Part des combustibles traditionnels dans la demande d'énergie finale, secteur Construction.
MBCON.S	%	Part de la biomasse moderne dans la demande d'énergie finale, secteur Construction.
ELCON.S	%	Part de l'électricité dans la demande d'énergie finale, secteur Construction.
SSCON.S	%	Part de l'énergie solaire dans la demande d'énergie finale, secteur Construction.
FFCON.S	%	Part des combustibles fossiles dans la demande d'énergie finale, secteur Construction.
MFCON.S	%	Part des carburants dans la demande d'énergie finale, secteur Construction.
EI.TF.CON	kWh/MU	Demande de combustibles traditionnels par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Construction.
EI.MB.CON	kWh/MU	Demande de biomasse moderne par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Construction.
EI.EL.CON	kWh/MU	Demande d'électricité par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Construction.

Suite

Tableau 4.2e. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie utile et finale des secteurs Agriculture, Construction et Mines (ACM) - suite.

EL.SS.CON	kWh/MU	Demande d'énergie solaire par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Construction.
EL.FF.CON	kWh/MU	Demande de combustibles fossiles par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Construction.
EL.MF.CON	kWh/MU	Demande de carburants par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Construction.
EL.FIN.CON	kWh/MU	Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Construction.
TFMIN	GWa	Demande de combustibles traditionnels, secteur Mines.
MBMIN	GWa	Demande de biomasse moderne, secteur Mines.
<u>ELHMIN</u>	GWa	Demande d'électricité pour usages thermiques, secteur Mines.
ELMIN	GWa	Demande d'électricité, secteur Mines.
SSMIN	GWa	Demande d'énergie thermique utile satisfaite par des systèmes solaires, secteur Mines.
FFMIN	GWa	Demande de combustibles fossiles (substituables), secteur Mines.
MFMIN	GWa	Demande de carburants, secteur Mines.
FINMIN	GWa	Demande d'énergie finale, secteur Mines.
TFMIN.S	%	Part des combustibles traditionnels dans la demande d'énergie finale, secteur Mines.
MBMIN.S	%	Part de la biomasse moderne dans la demande d'énergie finale, secteur Mines.
ELMIN.S	%	Part de l'électricité dans la demande d'énergie finale, secteur Mines.
SSMIN.S	%	Part de l'énergie solaire dans la demande d'énergie finale, secteur Mines.
FFMIN.S	%	Part des combustibles fossiles dans la demande d'énergie finale, secteur Mines.
MFMIN.S	%	Part des carburants dans la demande d'énergie finale, secteur Mines.
EL.TF.MIN	kWh/MU	Demande de combustibles traditionnels par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Mines.
EL.MB.MIN	kWh/MU	Demande de biomasse moderne par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Mines.
EL.EL.MIN	kWh/MU	Demande d'électricité par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Mines.
EL.SS.MIN	kWh/MU	Demande d'énergie solaire par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Mines.
EL.FF.MIN	kWh/MU	Demande de combustibles fossiles par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Mines.
EL.MF.MIN	kWh/MU	Demande de carburants par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Mines.
EL.FIN.MIN	kWh/MU	Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Mines.

Suite



Tableau 4.2e. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie utile et finale des secteurs Agriculture, Construction et Mines (ACM) - suite.

TFACM	GWa	Demande de combustibles traditionnels, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
MBACM	GWa	Demande de biomasse moderne, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
<u>ELSACM</u>	GWa	Demande d'électricité pour les usages spécifiques, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
<u>ELHACM</u>	GWa	Demande d'électricité pour les usages thermiques, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
ELACM	GWa	Demande totale d'électricité, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
SSACM	GWa	Demande d'énergie thermique utile satisfaite par des systèmes solaires, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
FFACM	GWa	Demande de combustibles fossiles (substituables), secteurs Agriculture + Construction + Mines.
MFACM	GWa	Demande de carburants, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
FINACM	GWa	Demande d'énergie finale, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
TFACM.S	%	Part des combustibles traditionnels dans la demande d'énergie finale, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
MBACM.S	%	Part de la biomasse moderne dans la demande d'énergie finale, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
ELACM.S	%	Part de l'électricité dans la demande d'énergie finale, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
SSACM.S	%	Part de l'énergie solaire dans la demande d'énergie finale, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
FFACM.S	%	Part des combustibles fossiles dans la demande d'énergie finale, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
MFACM.S	%	Part des carburants dans la demande d'énergie finale, secteurs Agriculture + Construction + Mines.
EL.TF.ACM	kWh/MU	Demande de combustibles traditionnels par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteurs Agriculture + Construction + Mines.
EL.MB.ACM	kWh/MU	Demande de biomasse moderne par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteurs Agriculture + Construction + Mines.
EL.EL.ACM	kWh/MU	Demande d'électricité par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteurs Agriculture + Construction + Mines.
EL.SS.ACM	kWh/MU	Demande d'énergie solaire par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteurs Agriculture + Construction + Mines.
EL.FF.ACM	kWh/MU	Demande de combustibles fossiles par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteurs Agriculture + Construction + Mines.
EL.MF.ACM	kWh/MU	Demande de carburants par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteurs Agriculture + Construction + Mines.
EL.FIN.ACM	kWh/MU	Demande d'énergie finale par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteurs Agriculture + Construction + Mines.

Tableau 4.2f. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières

<b>DEMANDE D'ENERGIE THERMIQUE UTILE DES INDUSTRIES MANUFACTURIERES:</b> (voir feuille de calcul "ManFac1-D" dans MAED_D.xls)		
USMAN (I,J)	GWa	Demande d'énergie thermique utile du sous-secteur I du secteur Industries manufacturières pour la catégorie de demande J. I=1,..... NSMAN; Catégories de demande: (J = 1) Production de vapeur (STM) (J = 2) Fours/usage direct de combustibles (FUR) (J = 3) Chauffage/eau chaude sanitaire (SWH)
USMA(I)	GWa	Demande d'énergie thermique utile du sous-secteur I du secteur Industries manufacturières. I=1,....., NSMAN
USMAN(1) US.STM.MAN	GWa	Demande d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières pour la Production de vapeur (STM).
USMAN(2) US.FUR.MAN	GWa	Demande d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières pour les Fours/Usage direct de combustibles (FUR).
USMAN(3) US.SWH.MAN	GWa	Demande d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières pour le Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH).
USMAN(4)	GWa	Demande totale d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières.
<b>PENETRATIONS ET RENDEMENTS DE LA DEMANDE D'ENERGIE THERMIQUE UTILE DU SECTEUR INDUSTRIES MANUFACTURIERES</b> (voir feuille de calcul "ManFac2" dans MAED_D.xls)		
PMEL(J)	%	Part de l'électricité (conventionnelle) dans USMAN(J). Catégories de demande: (J = 1) Production de vapeur (STM) (J = 2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J = 3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)
PMEL(4)	%	Pénétration moyenne pondérée de l'électricité (conventionnelle) dans le marché de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières.
PMHP(J)	%	Part de l'électricité (pompes à chaleur) dans USMAN(J). Catégories de demande: (J = 1) Production de vapeur (STM) (J = 2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J = 3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)
PMHP(4)	%	Pénétration moyenne pondérée de l'électricité (pompes à chaleur) dans le marché de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières.
PMDH(J)	%	Part des systèmes centralisés de production de chaleur dans USMAN(J). Catégories de demande: (J = 1) Production de vapeur (STM) (J = 2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J = 3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)
PMDH(4)	%	Pénétration moyenne pondérée des systèmes centralisés dans le marché de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières.

Suite

Tableau 4.2f. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières (suite)

PMSS(J)	%	Part des systèmes solaires dans USMAN(J). Catégories de demande: (J = 1) Production de vapeur (STM) (J = 2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J = 3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)
PMSS(4)	%	Pénétration moyenne pondérée des systèmes solaires dans le marché de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières.
PMCG(J)	%	Part de la cogénération dans USMAN(J). Catégories de demande: (J = 1) Production de vapeur (STM) (J = 2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J = 3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)
PMCG(4)	%	Pénétration moyenne pondérée de la cogénération dans le marché de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières.
PMTF(J)	%	Part des combustibles traditionnels dans USMAN(J). Catégories de demande: (J = 1) Production de vapeur (STM) (J = 2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J = 3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)
PMTF(4)	%	Pénétration moyenne pondérée des combustibles traditionnels dans le marché de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières.
PMMB(J)	%	Part de la biomasse moderne dans USMAN(J). Catégories de demande: (J = 1) Production de vapeur (STM) (J = 2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J = 3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)
PMMB(4)	%	Pénétration moyenne pondérée de la biomasse moderne dans le marché de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières.
PMFF(J)	%	Part des combustibles fossiles dans USMAN(J). Catégories de demande: (J = 1) Production de vapeur (STM) (J = 2) Fours/Usage direct de combustibles (FUR) (J = 3) Chauffage/Eau chaude sanitaire (SWH)
PMFF(4)	%	Pénétration moyenne pondérée des combustibles fossiles dans le marché de la demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières.
FFEMAN(4)	%	Rendement moyen des combustibles fossiles utilisés dans les processus thermiques des Industries manufacturières, par rapport à celui de l'électricité.
TFEMAN(4)	%	Rendement moyen des combustibles traditionnels utilisés dans les processus thermiques des Industries manufacturières, par rapport à celui de l'électricité.
MBEMAN(4)	%	Rendement moyen de la biomasse moderne utilisée dans les processus thermiques des Industries manufacturières, par rapport à celui de l'électricité.
PSTEEL	10 <sup>6</sup> tonnes	Production totale d'acier.
PFEED	10 <sup>6</sup> tonnes	Consommation totale de matières premières énergétiques pour l'industrie chimique et pétrochimique.

Tableau 4.2g. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale dans les Industries manufacturières

<b>DEMANDE D'ENERGIE FINALE DU SECTEUR INDUSTRIES MANUFACTURIERES</b> (voir Tableaux 9-1 à 9-3, feuille de calcul "FIN_Ind-D" dans MAED_D.xls)		
TFMAN	GWa	Usages thermiques des combustibles traditionnels dans les Industries manufacturières.
<u>COGSTH</u>	GWa	Demande d'énergie thermique utile des Industries manufacturières, produite par cogénération d'électricité.
MBMAN	GWa	Usages thermiques de la biomasse moderne dans les Industries manufacturières.
ELHMAN	GWa	Demande finale d'électricité pour les usages thermiques du secteur Industries manufacturières.
ELSMAN	GWa	Demande finale d'électricité pour les usages spécifiques du secteur Industries manufacturières.
<u>ELMAN</u>	GWa	Demande finale d'électricité du secteur Industries manufacturières.
DHMAN	GWa	Demande de chaleur produite par des systèmes centralisés dans les Industries manufacturières.
SSMAN	GWa	Demande d'énergie thermique utile satisfaite par des systèmes solaires dans les Industries manufacturières.
FFMAN	GWa	Usages thermiques des combustibles fossiles dans les Industries manufacturières.
MFMAN	GWa	Demande de carburants dans les Industries manufacturières.
COKE	GWa	Demande de coke pour la production de fonte et, finalement, d'acier.
FEED	GWa	Consommation totale d'énergie en tant que matière première pour l'industrie chimique et pétrochimique (exprimée dans l'unité d'énergie interne du module).
FINMAN	GWa	Demande d'énergie finale des Industries manufacturières.
TFMAN.S	%	Part des combustibles traditionnels dans la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières.
MBMAN.S	%	Part de la biomasse moderne dans la demande d'énergie du secteur Industries manufacturières.
ELMAN.S	%	Part de l'électricité dans la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières.
DHMAN.S	%	Part des systèmes centralisés de production de chaleur dans la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières.

Suite

Tableau 4.2g. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières (suite)

SOLMAN.S	%	Part de l'énergie solaire dans la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières.
FFMAN.S	%	Part des combustibles fossiles dans la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières.
MFMAN.S	%	Part des carburants dans la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières.
COKEMAN.S	%	Part du coke dans la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières.
FEEDMAN.S	%	Part des matières premières énergétiques dans la demande d'énergie finale du secteur Industries manufacturières.
EI.TF.MAN	kWh/MU	Demande de combustibles traditionnels par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.
EI.MB.MAN	kWh/MU	Demande de biomasse moderne par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.
EI.EL.MAN	kWh/MU	Demande d'électricité par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.
EI.DH.MAN	kWh/MU	Demande de chaleur produite par des systèmes centralisés par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.
EI.SS.MAN	kWh/MU	Demande d'énergie solaire par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.
EI.FF.MAN	kWh/MU	Demande de combustibles fossiles par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.
EI.MF.MAN	kWh/MU	Demande de carburants par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.
EI.COKE.MAN	kWh/MU	Demande de coke par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.
EI.FEED.MAN	kWh/MU	Demande de matières premières énergétiques par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.
EI.FIN.MAN	kWh/MU	Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), Industries manufacturières.

Tableau 4.2h. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale du secteur Industrie (ACM + Industries manufacturières)

<b>DEMANDE D'ENERGIE FINALE DU SECTEUR INDUSTRIE (ACM + INDUSTRIES MANUFACTURIERES):</b>		
(voir Tableaux 9-4 à 9-6, feuille de calcul "FIN_Ind-D" dans MAED_D.xls)		
TFIND	GWa	Usages thermiques des combustibles traditionnels, secteur Industrie.
MBIND	GWa	Usages thermiques de la biomasse moderne, secteur Industrie.
ELSIND	GWa	Demande d'électricité pour les usages spécifiques, secteur Industrie.
ELHIND	GWa	Demande d'électricité pour les usages thermiques, secteur Industrie.
ELIND	GWa	Demande d'électricité, secteur Industrie.
DHIND	GWa	Demande de chaleur produite par des systèmes centralisés, secteur Industrie.
SSIND	GWa	Demande d'énergie thermique utile satisfaite par des systèmes solaires, secteur Industrie.
FFIND	GWa	Usages thermiques des combustibles fossiles (substituables), secteur Industrie.
MFIND	GWa	Demande de carburants, secteur Industrie.
FININD	GWa	Demande d'énergie finale, secteur Industrie.
TFIND.S	%	Part des combustibles traditionnels dans la demande d'énergie finale du secteur Industrie.
MBIND.S	%	Part de la biomasse moderne dans la demande d'énergie finale du secteur Industrie.
ELIND.S	%	Part de l'électricité dans la demande d'énergie finale du secteur Industrie.
DHIND.S	%	Part des systèmes centralisés de production de chaleur dans la demande d'énergie finale du secteur Industrie.
SSIND.S	%	Part de l'énergie solaire dans la demande d'énergie finale du secteur Industrie.
FFIND.S	%	Part des combustibles fossiles dans la demande d'énergie finale du secteur Industrie.
MFIND.S	%	Part des carburants dans la demande d'énergie finale du secteur Industrie.
COKEIND.S	%	Part du coke dans la demande d'énergie finale du secteur Industrie.
FEEDIND.S	%	Part des matières premières énergétiques dans la demande d'énergie finale du secteur Industrie.
EI.TF.IND	kWh/MU	Demande de combustibles traditionnels par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.
EI.MB.IND	kWh/MU	Demande de biomasse moderne par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.
EI.EL.IND	kWh/MU	Demande d'électricité par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.
EI.DH.IND	kWh/MU	Demande de chaleur produite par des systèmes centralisés par valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.
EI.SS.IND	kWh/MU	Demande d'énergie solaire par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.
EI.FF.IND	kWh/MU	Demande de combustibles fossiles par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.
EI.MF.IND	kWh/MU	Demande de carburants par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.
EI.COKE.IND	kWh/MU	Demande de coke par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.
EI.FEED.IND	kWh/MU	Demande de matières premières énergétiques par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.
EI.FIN.IND	kWh/MU	Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique), secteur Industrie.

Tableau 4.2i. Liste et définitions des variables dérivées relatives au secteur Transport de marchandises

<b>TRANSPORT:</b>		
<b>TRANSPORT DE MARCHANDISES:</b> (voir feuille de calcul "FrTrp-D" dans MAED_D.xls)		
TKFT	10 <sup>9</sup> tkm	Transport total (domestique) de marchandises.
<u>TKFTM(I)</u>	10 <sup>9</sup> tkm	Transport de marchandises par mode de transport. I=1,....., NMFT
FTMEI(I)	kWh/ 100tkm	Intensité énergétique du mode de transport de marchandises I. I=1,.....,NMFT
ECFTM(I)	GWa	Consommation d'énergie du mode de transport de marchandises I. I=1,.....,NMFT
TELFT	GWa	Consommation totale d'électricité du secteur transport de marchandises.
TSCFT	GWa	Consommation totale de charbon du secteur transport de marchandises.
TDIFT	GWa	Consommation totale de gas-oil du secteur transport de marchandises.
TGAFT	GWa	Consommation totale d'essence du secteur transport de marchandises.
TF5FT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 5 du secteur transport de marchandises.
TF6FT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 6 du secteur transport de marchandises.
TF7FT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 7 du secteur transport de marchandises.
TF8FT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 8 du secteur transport de marchandises.
ECFTF(I)	GWa	Consommation totale de carburant numéro I du secteur transport de marchandises. I=1,.....,NTF
TMFFT	GWa	Consommation totale de carburants du secteur transport de marchandises.
TENFT	GWa	Consommation totale d'énergie du secteur transport de marchandises.

Tableau 4.2j. Liste et définitions des variables dérivées relatives au sous-secteur Transport urbain de passagers

<b>TRANSPORT URBAIN DE PASSAGERS:</b> (voir feuille de calcul "PassIntra-D" dans MAED_D.xls)		
PKU	10 <sup>9</sup> pkm	Trafic total urbain de passagers.
PKUTM(I)	10 <sup>9</sup> tkm	Trafic urbain de passagers par mode de transport. I=1,.....,NMUT
UTMEI(I)	kWh/ pkm	Intensité énergétique du mode de transport urbain I. I=1,.....,NMUT
ECUTM(I)	GWa	Consommation d'énergie du mode de transport urbain I. I=1,.....,NMUT
TELUT	GWa	Consommation totale d'électricité, transport urbain de passagers.
TDIUT	GWa	Consommation totale de gas-oil, transport urbain de passagers.
TGAUT	GWa	Consommation totale d'essence, transport urbain de passagers.
TF5UT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 5, transport urbain de passagers.
TF6UT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 6, transport urbain de passagers.
TF7UT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 7, transport urbain de passagers.
TF8UT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 8, transport urbain de passagers.
ECUTF(I)	GWa	Consommation totale de carburant numéro I, transport urbain de passagers. I=1,.....,NTF
TMFUT	GWa	Consommation totale de carburants, transport urbain de passagers.
TENUT	GWa	Consommation totale d'énergie, transport urbain de passagers.



Tableau 4.2k. Liste et définitions des variables dérivées relatives au sous-secteur Transport interurbain de passagers

<b>TRANSPORT INTERURBAIN DE PASSAGERS:</b> (voir feuille de calcul "PassInter-D" dans MAED_D.xls)		
PKI	10 <sup>9</sup> pkm	Trafic interurbain de passagers total.
PKIC	10 <sup>9</sup> pkm	Trafic interurbain de passagers utilisant la voiture.
PKIP	10 <sup>9</sup> pkm	Trafic interurbain de passagers utilisant les transports publics.
PKICT(I)	10 <sup>9</sup> pkm	Trafic interurbain de passagers par type de voiture I. I=1,...,NCTIT
PKIPM(I)	10 <sup>9</sup> pkm	Trafic interurbain de passagers par mode de transport public I. I=1,...,(NMIT-NCTIT)
ITMEI(I)	kWh/ pkm	Intensité énergétique du mode de transport interurbain I. I=1,...,NMIT
ECITM(I)	GWa	Consommation d'énergie du mode de transport interurbain I. I=1,...,NMIT
TELIT	GWa	Consommation totale d'électricité, transport interurbain de passagers.
TSCIT	GWa	Consommation totale de charbon, transport interurbain de passagers.
TDIIT	GWa	Consommation totale de gas-oil, transport interurbain de passagers.
TGAIT	GWa	Consommation totale d'essence, transport interurbain de passagers.
TF5IT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 5, transport interurbain de passagers.
TF6IT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 6, transport interurbain de passagers.
TF7IT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 7, transport interurbain de passagers.
TF8IT	GWa	Consommation totale de carburant numéro 8, transport interurbain de passagers.
ECITF(I)	GWa	Consommation totale de carburant numéro I, transport interurbain de passagers. I=1,...,NFT
TMFIT	GWa	Consommation totale de carburants, transport interurbain de passagers.
TENIT	GWa	Consommation totale d'énergie, transport interurbain de passagers.
TMFMIS	GWa	Consommation totale de carburants, transport international et militaire.
TELPT	GWa	Consommation totale d'électricité, transport de passagers.
TSCPT	GWa	Consommation totale de charbon, transport de passagers.
TMFPT	GWa	Consommation totale de carburants, transport de passagers (incluant le transport international et militaire).
TENPT	GWa	Consommation totale d'énergie, transport de passagers.

Tableau 4.21. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale du secteur Transport

<b>DEMANDE D'ENERGIE FINALE DU SECTEUR TRANSPORT:</b> (voir feuille de calcul FIN_Trp-D dans MAED_d.xls)		
TELTR	GWa	Consommation totale d'électricité du secteur Transport.
TSCTR	GWa	Consommation totale de charbon du secteur Transport.
TDITR	GWa	Consommation totale de gas-oil du secteur Transport.
TGATR	GWa	Consommation totale d'essence du secteur Transport.
TF5TR	GWa	Consommation totale de carburant numéro 5 du secteur Transport.
TF6TR	GWa	Consommation totale de carburant numéro 6 du secteur Transport.
TF7TR	GWa	Consommation totale de carburant numéro 7 du secteur Transport.
TF8TR	GWa	Consommation totale de carburant numéro 8 du secteur Transport.
ECTRF(I)	GWa	Consommation totale par forme d'énergie I (le transport international et militaire est pris en compte à part). I=1,.....,(NTF+1)
FINTR	GWa	Consommation totale d'énergie du secteur Transport.
ECTRF.S(I)	%	Part de la forme d'énergie I (incluant le transport international et militaire) dans la consommation totale d'énergie du secteur Transport. I=1,.....,(NTF+1)
TMFTR	GWa	Consommation totale de carburants du secteur Transport.
TELTR.S	%	Part de l'électricité dans la consommation totale d'énergie du secteur Transport.
TSCTR.S	%	Part du charbon dans la consommation totale d'énergie du secteur Transport.
TMFTR.S	%	Part des carburants dans la consommation totale d'énergie du secteur Transport.
TENFT.S	%	Part du transport de marchandises dans la consommation totale d'énergie du secteur Transport.
TENUT.S	%	Part du transport urbain de passagers dans la consommation totale d'énergie du secteur Transport.
TENIT.S	%	Part du transport interurbain de passagers dans la consommation totale d'énergie du secteur Transport.
TMFMIS.S	%	Part du transport international et militaire dans la consommation totale d'énergie du secteur Transport.

Tableau 4.2m. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie utile des secteurs Ménages urbains et ruraux

<b>MENAGES:</b>		
<b>DEMANDE D'ENERGIE UTILE DES MENAGES URBAINS:</b> (voir feuille de calcul "US_HH_Ur-D" dans MAED_D.xls)		
TUDW	10 <sup>6</sup> lgmt	Nombre total de logements urbains (supposé être égal au nombre de ménages urbains).
<u>SHUHT(I)</u>	GWa	Demande d'énergie utile pour le chauffage des logements urbains de type I. I=1,.....,NUDT
SHUH	GWa	Demande d'énergie utile pour le chauffage des ménages urbains.
HWUH	GWa	Demande d'énergie utile pour l'eau chaude sanitaire des ménages urbains.
CKUH	GWa	Demande d'énergie utile pour la cuisson des ménages urbains.
<u>ACUHT(I)</u>	GWa	Demande d'énergie utile pour la climatisation des logements urbains de type I. I=1,.....,NUDT
ACUH	GWa	Demande d'énergie utile pour la climatisation des ménages urbains.
ELAPUH	GWa	Consommation d'électricité pour les usages spécifiques des logements urbains électrifiés (réfrigérateur, congélateur, lave-linge, sèche-linge, téléviseur, aspirateur etc.).
FFLTUH	GWa	Consommation de combustibles fossiles pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques (par exemple, réfrigérateurs au gaz naturel) des logements urbains non-électrifiés.
USUH	GWa	Demande totale d'énergie utile des ménages urbains.
<b>DEMANDE D'ENERGIE UTILE DES MENAGES RURAUX:</b> (voir feuille de calcul "US_HH_Rr-D" dans MAED_D.xls)		
TRDW	10 <sup>6</sup> lgmt	Nombre total de logements ruraux (supposé être égal au nombre des ménages ruraux).
<u>SHRHT(I)</u>	GWa	Demande d'énergie utile pour le chauffage des logements ruraux de type I. I=1,.....,NRDT
SHRH	GWa	Demande d'énergie utile pour le chauffage des ménages ruraux.
HWRH	GWa	Demande d'énergie utile pour l'eau chaude sanitaire des ménages ruraux.
CKRH	GWa	Demande d'énergie utile pour la cuisson des ménages ruraux.
<u>ACRHT(I)</u>	GWa	Demande d'énergie utile pour la climatisation des logements ruraux de type I. I=1,.....,NRDT
ACRH	GWa	Demande d'énergie utile pour la climatisation des ménages ruraux.
ELAPRH	GWa	Consommation d'électricité pour les usages spécifiques des logements ruraux électrifiés (réfrigérateur, congélateur, lave-linge, sèche-linge, téléviseur, aspirateur etc.).
FFLTRH	GWa	Consommation de combustibles fossiles pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques (par ex., réfrigérateurs au gaz naturel) des logements ruraux non-électrifiés.
USRH	GWa	Demande totale d'énergie utile des ménages ruraux.

Tableau 4.2n. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale des Ménages urbains

<b>DEMANDE D'ENERGIE FINALE DES MENAGES URBAINS:</b> (voir Tableaux 16.1 à 16.6, feuille de calcul "FIN_HH-D" dans MAED_D.xls)		
TF.UH.SH	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour le chauffage des ménages urbains.
MB.UH.SH	GWa	Demande de biomasse moderne pour le chauffage des ménages urbains.
EL.UH.SH	GWa	Demande d'électricité pour le chauffage des ménages urbains.
DH.UH.SH	GWa	Demande des systèmes centralisés pour le chauffage des ménages urbains.
SS.UH.SH	GWa	Demande d'énergie solaire pour le chauffage des ménages urbains.
FF.UH.SH	GWa	Demande de combustibles fossiles pour le chauffage des ménages urbains.
FIN.UH.SH	GWa	Demande d'énergie finale pour le chauffage des ménages urbains.
TF.UH.HW	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages urbains.
MB.UH.HW	GWa	Demande de biomasse moderne pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages urbains.
EL.UH.HW	GWa	Demande d'électricité pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages urbains.
DH.UH.HW	GWa	Demande des systèmes centralisés de production d'eau chaude sanitaire des ménages urbains.
SS.UH.HW	GWa	Demande d'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages urbains.
FF.UH.HW	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages urbains.
FIN.UH.HW	GWa	Demande d'énergie finale pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages urbains.
TF.UH.CK	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour la cuisson des ménages urbains.
MB.UH.CK	GWa	Demande de biomasse moderne pour la cuisson des ménages urbains.
EL.UH.CK	GWa	Demande d'électricité pour la cuisson des ménages urbains.
SS.UH.CK	GWa	Demande d'énergie solaire pour la cuisson des ménages urbains.
FF.UH.CK	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la cuisson des ménages urbains.
FIN.UH.CK	GWa	Demande d'énergie finale pour la cuisson des ménages urbains.
EL.UH.AC	GWa	Demande d'électricité pour la climatisation des ménages urbains.
FF.UH.AC	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la climatisation des ménages urbains.
FIN.UH.AC	GWa	Demande d'énergie finale pour la climatisation des ménages urbains.
EL.UH.AP	GWa	Demande d'électricité pour les usages spécifiques des logements urbains électrifiés (réfrigérateur, congélateur, lave-linge, sèche-linge, téléviseur, aspirateur etc.).
FF.UH.AP	GWa	Demande de combustibles fossiles pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques (par ex., réfrigérateurs au gaz naturel) des logements urbains non-électrifiés.
FIN.UH.AP	GWa	Demande d'énergie finale pour les appareils domestiques et l'éclairage des ménages urbains.
TFUH	GWa	Demande de combustibles traditionnels des ménages urbains.
MBUH	GWa	Demande de biomasse moderne des ménages urbains.
ELUH	GWa	Demande d'électricité des ménages urbains.
DHUH	GWa	Demande des systèmes centralisés de production de chaleur des ménages urbains.
SSUH	GWa	Demande d'énergie solaire des ménages urbains.
FFUH	GWa	Demande de combustibles fossiles (substituables) des ménages urbains.
FINUH	GWa	Demande d'énergie finale des ménages urbains.

Tableau 4.2o. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale des Ménages ruraux

<b>DEMANDE D'ENERGIE FINALE DES MENAGES RURAUX:</b> (voir Tableaux 16.7 à 16.12, feuille de calcul "FIN_HH-D" dans MAED_D.xls)		
TF.RH.SH	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour le chauffage des ménages ruraux.
MB.RH.SH	GWa	Demande de biomasse moderne pour le chauffage des ménages ruraux.
EL.RH.SH	GWa	Demande d'électricité pour le chauffage des ménages ruraux.
DH.RH.SH	GWa	Demande des systèmes centralisés de chauffage des ménages ruraux.
SS.RH.SH	GWa	Demande d'énergie solaire pour le chauffage des ménages ruraux.
FF.RH.SH	GWa	Demande de combustibles fossiles pour le chauffage des ménages ruraux.
FIN.RH.SH	GWa	Demande d'énergie finale pour le chauffage des ménages ruraux.
TF.RH.HW	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages ruraux.
MB.RH.HW	GWa	Demande de biomasse moderne pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages ruraux.
EL.RH.HW	GWa	Demande d'électricité pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages ruraux.
DH.RH.HW	GWa	Demande des systèmes centralisés de production d'eau chaude sanitaire des ménages ruraux.
SS.RH.HW	GWa	Demande d'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages ruraux.
FF.RH.HW	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages ruraux.
FIN.RH.HW	GWa	Demande d'énergie finale pour la production d'eau chaude sanitaire des ménages ruraux.
TF.RH.CK	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour la cuisson des ménages ruraux.
MB.RH.CK	GWa	Demande de biomasse moderne pour la cuisson des ménages ruraux.
EL.RH.CK	GWa	Demande d'électricité pour la cuisson des ménages ruraux.
SS.RH.CK	GWa	Demande d'énergie solaire pour la cuisson des ménages ruraux.
FF.RH.CK	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la cuisson des ménages ruraux.
FIN.RH.CK	GWa	Demande d'énergie finale pour la cuisson des ménages ruraux.
EL.RH.AC	GWa	Demande d'électricité pour la climatisation des ménages ruraux.
FF.RH.AC	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la climatisation des ménages ruraux.
FIN.RH.AC	GWa	Demande d'énergie finale pour la climatisation des ménages ruraux.
EL.RH.AP	GWa	Demande d'électricité pour les usages spécifiques des logements ruraux électrifiés (réfrigérateur, congélateur, lave-linge, sèche-linge, téléviseur, aspirateur etc.).
FF.RH.AP	GWa	Demande de combustibles fossiles pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques (par ex., réfrigérateurs au gaz naturel) des logements ruraux non-électrifiés.
FIN.RH.AP	GWa	Demande d'énergie finale pour les appareils domestiques et l'éclairage des ménages ruraux.
TFRH	GWa	Demande de combustibles traditionnels des ménages ruraux.
MBRH	GWa	Demande de biomasse moderne des ménages ruraux.
ELRH	GWa	Demande d'électricité des ménages ruraux.
DHRH	GWa	Demande des systèmes centralisés de production de chaleur des ménages ruraux.
SSRH	GWa	Demande d'énergie solaire des ménages ruraux.
FFRH	GWa	Demande de combustibles fossiles (substituables) des ménages ruraux.
FINRH	GWa	Demande d'énergie finale des ménages ruraux.

Tableau 4.2p. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale du secteur Ménages

<b>DEMANDE D'ENERGIE FINALE DU SECTEUR MENAGES:</b>		
(voir Tableaux 16.13 à 16.18, feuille de calcul "FIN_HH-D" dans MAED_D.xls)		
TF.HH.SH	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour le chauffage, secteur Ménages.
MB.HH.SH	GWa	Demande de biomasse moderne pour le chauffage, secteur Ménages.
EL.HH.SH	GWa	Demande d'électricité pour le chauffage, secteur Ménages.
DH.HH.SH	GWa	Demande des systèmes centralisés de chauffage, secteur Ménages.
SS.HH.SH	GWa	Demande d'énergie solaire pour le chauffage, secteur Ménages.
FF.HH.SH	GWa	Demande de combustibles fossiles pour le chauffage, secteur Ménages.
FIN.HH.SH	GWa	Demande d'énergie finale pour le chauffage, secteur Ménages.
TF.HH.HW	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour la production d'eau chaude sanitaire, secteur Ménages.
MB.HH.HW	GWa	Demande de biomasse moderne pour la production d'eau chaude sanitaire, secteur Ménages.
EL.HH.HW	GWa	Demande d'électricité pour la production d'eau chaude sanitaire, secteur Ménages.
DH.HH.HW	GWa	Demande des systèmes centralisés de production d'eau chaude sanitaire, secteur Ménages.
SS.HH.HW	GWa	Demande d'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire, secteur Ménages.
FF.HH.HW	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la production d'eau chaude sanitaire, du secteur Ménages.
FIN.HH.HW	GWa	Demande d'énergie finale pour la production d'eau chaude sanitaire, du secteur Ménages.
TF.HH.CK	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour la cuisson, secteur Ménages.
MB.HH.CK	GWa	Demande de biomasse moderne pour la cuisson, secteur Ménages.
EL.HH.CK	GWa	Demande d'électricité pour la cuisson, secteur Ménages.
SS.HH.CK	GWa	Demande d'énergie solaire pour la cuisson, secteur Ménages.
FF.HH.CK	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la cuisson, secteur Ménages.
FIN.HH.CK	GWa	Demande d'énergie finale pour la cuisson, secteur Ménages.
EL.HH.AC	GWa	Demande d'électricité pour la climatisation, secteur Ménages.
FF.HH.AC	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la climatisation, secteur Ménages.
FIN.HH.AC	GWa	Demande d'énergie finale pour la climatisation, secteur Ménages.
EL.HH.AP	GWa	Demande d'électricité pour les usages spécifiques des logements électrifiés du secteur Ménages (réfrigérateur, congélateur, lave-linge, sèche-linge, téléviseur, aspirateur etc.).
FF.HH.AP	GWa	Demande de combustibles fossiles pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques (par ex., réfrigérateurs au gaz naturel) des logements non-électrifiés du secteur Ménages.
FIN.HH.AP	GWa	Demande d'énergie finale pour les appareils domestiques et l'éclairage du secteur Ménages.
TFHH	GWa	Demande de combustibles traditionnels du secteur Ménages.
MBHH	GWa	Demande de biomasse moderne du secteur Ménages.
ELHH	GWa	Demande d'électricité du secteur Ménages.
DHHH	GWa	Demande des systèmes centralisés de production de chaleur du secteur Ménages.
SSH	GWa	Demande d'énergie solaire du secteur Ménages.
FFHH	GWa	Demande de combustibles fossiles (substituables) du secteur Ménages.
FINHH	GWa	Demande d'énergie finale du secteur Ménages.

Tableau 4.2q. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie utile du secteur Services

<b>SERVICES:</b>		
<b>DEMANDE D'ENERGIE UTILE EN SERVICES:</b> (voir feuille de calcul "US_SS-D" dans MAED_D.xls)		
LSER	10 <sup>6</sup> empl	Nombre d'employés du secteur Services.
TAREA	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	Surface totale occupée par le secteur Services.
TARSH	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	Surface totale du secteur Services ayant besoin de chauffage.
US.SH.SER	GWa	Demande d'énergie utile du secteur Services.
US.AC.SER	GWa	Demande d'énergie utile pour la climatisation du secteur Services.
EI.MF.SER	kWh/MU	Intensité énergétique des carburants dans le secteur Services.
EI.ELS.SER	kWh/MU	Intensité énergétique des usages spécifiques de l'électricité dans le secteur Services.
EI.OTU.SER	kWh/MU	Intensité énergétique des autres usages thermiques (à l'exception du chauffage) dans le secteur Services.
US.MF.SE(I)	GWa	Demande de carburants du sous-secteur I du secteur Services. I=1,...,NSSER
US.MF.SER	GWa	Demande de carburants du secteur Services.
MF SER		
US.ELS.SE(I)	GWa	Demande d'électricité pour les usages spécifiques du sous-secteur I du secteur Services. I=1,...,NSSER
US.ELS.SER	GWa	Demande d'électricité pour les usages spécifiques du secteur Services.
ELSSER		
US.OTU.SE(I)	GWa	Demande d'énergie utile pour d'autres usages thermiques (à l'exception du chauffage) du sous-secteur I du secteur Services. I=1,...,NSSER
US.OTU.SER	GWa	Demande d'énergie utile pour d'autres usages thermiques (à l'exception du chauffage) du secteur Services.
US.SER	GWa	Demande totale d'énergie utile du secteur Services.

Tableau 4.2r. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale du secteur Services

<b>DEMANDE D'ENERGIE FINALE DU SECTEUR SERVICES:</b> (voir feuille de calcul "FIN_SS-D" dans MAED_D.xls)		
TF.TU.SER	GWa	Demande de combustibles traditionnels pour les usages thermiques du secteur Services.
MB.TU.SER	GWa	Demande de biomasse moderne pour les usages thermiques du secteur Services.
EL.TU.SER	GWa	Demande d'électricité pour les usages thermiques du secteur Services.
DH.TU.SER	GWa	Demande des systèmes centralisés pour les usages thermiques du secteur Services.
SS.TU.SER	GWa	Demande d'énergie solaire pour les usages thermiques du secteur Services.
FF.TU.SER	GWa	Demande de combustibles fossiles (substituables) pour les usages thermiques du secteur Services.
FIN.TU.SER	GWa	Demande d'énergie finale pour les usages thermiques du secteur Services.
EL.AC.SER	GWa	Demande d'électricité pour la climatisation du secteur Services.
FF.AC.SER	GWa	Demande de combustibles fossiles pour la climatisation du secteur Services.
FIN.AC.SER	GWa	Demande d'énergie finale pour la climatisation du secteur Services.
TFSER	GWa	Demande de combustibles traditionnels, secteur Services.
MBSER	GWa	Demande de biomasse moderne, secteur Services.
ELSER	GWa	Demande d'électricité, secteur Services.
DHSER	GWa	Demande des systèmes centralisés de production de chaleur, secteur Services.
SSSER	GWa	Demande d'énergie solaire, secteur Services.
FFSER	GWa	Demande de combustibles fossiles (substituables), secteur Services.
FINSER	GWa	Demande d'énergie finale du secteur Services.



Tableau 4.2s. Liste et définitions des variables dérivées relatives à la demande d'énergie finale par pays ou par région

<b>DEMANDE TOTALE D'ENERGIE FINALE PAR PAYS OU REGION:</b> (voir feuille de calcul "FINALE-D" dans MAED_D.xls)		
TF	GWa	Demande totale d'énergie finale, usages thermiques des combustibles traditionnels.
MB	GWa	Demande totale d'énergie finale, usages thermiques de la biomasse moderne.
ELTU	GWa	Demande totale d'énergie finale, usages thermiques de l'électricité.
ELNTU	GWa	Demande totale d'énergie finale, usages non-thermiques de l'électricité.
ELEC	GWa	Demande totale d'énergie finale, électricité.
DH	GWa	Demande totale d'énergie finale, systèmes centralisés de production de chaleur.
SS	GWa	Demande totale d'énergie finale, énergie solaire.
FF	GWa	Demande totale d'énergie finale, usages thermiques des combustibles fossiles (substituables).
MF	GWa	Demande totale d'énergie finale, demande de carburants.
COALSP	GWa	Demande totale d'énergie finale, usages spécifiques du charbon.
TFEED	GWa	Demande totale de matières premières énergétiques pour l'industrie chimique et pétrochimique.
FINEN	GWa	Demande totale d'énergie finale.
FINEN.CAP	MWh/ cap	Demande totale d'énergie finale par personne.
EI.FIN.PIB	kWh/ MU	Intensité énergétique pour l'énergie finale (c.-à.-d. consommation d'énergie finale par unité monétaire de PIB).

## 5 PRINCIPALES EQUATIONS UTILISEES DANS LE MODULE 1 DE MAED

### 5.1 Introduction

Ce chapitre présente la séquence logique des calculs effectués par le module MAED\_D.xls. Certaines de ces équations n'ont pas une importance majeure mais elles permettent de comprendre l'influence des différents paramètres du scénario sur les résultats et la philosophie du module MAED\_D. Le détail de ces équations facilitera également le processus de création d'une nouvelle version du logiciel à l'avenir. Les noms des variables du modèle MAED reflètent, de manière générale, les noms des secteurs, des formes d'énergie et des usages finaux de l'énergie auxquels elles font référence. La version française du manuel d'utilisation du modèle MAED a conservé les noms des variables utilisées dans la version anglaise du manuel.

Dans la description qui suit, les variables d'entrées du module ont été écrites en caractères gras pour les distinguer facilement des variables dérivées utilisées par le logiciel. Par ailleurs, les variables dérivées n'apparaissant pas explicitement dans les tableaux des feuilles de calcul ont été soulignées. Les définitions des différentes variables explicitées au Chapitre 4 n'ont pas été détaillé à nouveau dans ce chapitre, afin d'alléger la lecture du manuel, mais leur signification est relativement claire au vue de la formation de leur nom et du contexte de leur utilisation.

### 5.2 Unités d'énergie

Les intensités énergétiques des différents usages de l'énergie dans les secteurs Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières et Services étant spécifiées en kWh/MU, les consommations spécifiques d'énergie dans le secteur Ménages en kWh/logement/an ou kWh/personne/an et en kWh/m<sup>2</sup>/an dans le secteur Services, le **TéraWatt-heure** (TWh = 10<sup>9</sup> kWh) est pris comme unité d'énergie interne de référence du module MAED\_D. Toutes les équations du module incluent un facteur de conversion du TWh à une unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs". Par conséquent, la consommation/demande d'énergie peut être exprimée dans une autre unité dans toutes les feuilles de calcul du module. Ce facteur de conversion (CF1) du TWh à l'unité spécifiée dans la cellule E50 doit également être indiqué dans la cellule N50 de la même feuille de calcul "Defs". La demande totale d'énergie finale pour le pays / la région étudié(e), exprimée dans cette unité, est présentée dans la feuille de calcul "Final-D". Cette demande totale d'énergie finale peut être convertie dans une autre unité choisie par l'utilisateur (Mtec, Mtep, PJ etc.). Il doit alors la spécifier dans la cellule L50, et spécifier le facteur de conversion de l'unité de la cellule E50 à l'unité de la cellule M50. La demande totale d'énergie finale, exprimée dans cette dernière unité est présentée dans la feuille de calcul "Final Results (User Units)". Pour faciliter le choix des unités d'énergie et des facteurs de conversion correspondants, le logiciel est pourvu d'une feuille de calcul "Convs" qui inclue une table de conversion de la plupart des unités d'énergie usuelles.

### 5.3 Calculs démographiques

L'évolution de la population en fonction du temps est définie d'une manière exogène, en tant que paramètre du scénario, dans la feuille de calcul "Demogr-D" du module MAED\_D.xls. L'utilisateur peut indiquer cette évolution de deux manières: soit en spécifiant la population totale **PO** pour chaque année de référence du modèle, soit en indiquant la population totale de la première année de référence et les taux moyens annuels de croissance de la population, **POGR** (en % par an), entre toutes les années de référence successives du modèle. Dans le

premier cas, MAED\_D.xls peut être utilisé pour calculer le taux de croissance **POGR** et, dans le deuxième cas, la population totale **PO**, grâce aux relations:

$$\mathbf{POGR} = \{ (\mathbf{PO} / \mathbf{PO}(-1))^{(1/\mathbf{INCR})} - 1 \} * 100$$

ou

$$\mathbf{PO} = \mathbf{PO}(-1) * (1 + (\mathbf{POGR} / 100))^{INCR}$$

où: **PO** et **PO(-1)** représentent la population totale de deux années successives du modèle, **POGR** est le taux de croissance de la population entre ces deux années, et **INCR** est l'intervalle entre les deux années considérées.

D'autres paramètres démographiques, à savoir la proportion de la population urbaine (**PURB**), la taille moyenne des ménages urbains (**CAPUH**) et ruraux (**CAPRH**), la proportion de population âgée de 15 à 64 ans dans la population totale (main d'œuvre potentielle, **PLF**), la proportion de main d'œuvre potentielle effectivement en activité (**PARTLF**) et la proportion de population vivant dans les grandes villes (**POPLC**) sont également définis d'une manière exogène dans le modèle. A partir de ces données, le modèle déduit différents paramètres qui sont ensuite utilisés pour le calcul de la demande d'énergie dans les secteurs Transport, Ménages et Services:

- Nombre de ménages urbains ( $10^6$ ):

$$\mathbf{UHH} = \mathbf{PO} * (\mathbf{PURB} / 100) / \mathbf{CAPUH}$$

- Proportion de la population rurale (%):

$$\mathbf{PRUR} = 100 - \mathbf{PURB}$$

- Nombre de ménages ruraux ( $10^6$ ):

$$\mathbf{RHH} = \mathbf{PO} * (1 - \mathbf{PURB} / 100) / \mathbf{CAPRH}$$

- Population des grandes villes ( $10^6$ ):

$$\mathbf{POLC} = \mathbf{PO} * (\mathbf{POPLC} / 100)$$

- Main d'œuvre active totale ( $10^6$ ):

$$\mathbf{ALF} = \mathbf{PO} * (\mathbf{PLF} / 100) * (\mathbf{PARTLF} / 100)$$

#### 5.4 Calculs macro-économiques

De même que précédemment pour l'évolution de la population, la croissance du PIB (Produit Intérieur Brut, **Y**) est définie d'une manière exogène comme paramètre du scénario. La croissance du PIB peut être spécifiée de deux manières, soit grâce aux valeurs du PIB (en monnaie constante de l'année de base ou d'une année de référence) pour chaque année de référence du modèle, soit en spécifiant la valeur du PIB pour la première année de référence et les taux moyens annuels de croissance du PIB, **YGR** (en % par an), entre les années de référence successives du modèle. Dans le premier cas, le module MAED\_D.xls (voir feuille de calcul "GDP-D") calcule les taux moyens annuels de croissance **YGR** et, dans le deuxième cas, les valeurs de **Y** (PIB), à l'aide des relations suivantes:

$$\mathbf{YGR} = \{ (\mathbf{Y} / \mathbf{Y}(-1))^{(1/\mathbf{INCR})} - 1 \} * 100$$

ou

$$\mathbf{Y} = \mathbf{Y}(-1) * (1 + (\mathbf{YGR} / 100))^{INCR}$$

où: **Y** et **Y(-1)** représentent les valeurs du PIB de deux années de référence successives et **YGR** est le taux de croissance du PIB entre deux années. Une fois encore, **INCR** représente l'intervalle entre deux années de référence.

Les modifications, pendant la période de projection, de la structure du PIB par secteurs principaux, ou de la structure de la valeur ajoutée de chaque secteur par sous-secteurs, sont définies par l'utilisateur de manière exogène dans le scénario. A partir de ces paramètres d'entrée, le module calcule pour chaque année de référence la valeur ajoutée par secteurs économiques principaux, et par sous-secteur de chaque secteur principal, en utilisant les relations suivantes:

Formation du PIB (**Y**) par secteurs et sous-secteurs économiques ( $10^9$  unités monétaires, MU):

<b>YAGR</b>	=	<b>Y * ( PYAGR / 100 )</b>	(AGRiculture)
<b>YCON</b>	=	<b>Y * ( PYCON / 100 )</b>	(CONstruction)
<b>YMIN</b>	=	<b>Y * ( PYMIN / 100 )</b>	(MINes)
<b>YMAN</b>	=	<b>Y * ( PYMAN / 100 )</b>	(Ind. MANufacturieres)
<b>YSER</b>	=	<b>Y * ( PYSER / 100 )</b>	(SERvices)
<b>YEN</b>	=	<b>Y * ( PYEN / 100 )</b>	(ENergie)

où: **PYAGR, PYCON, PYMIN, PYMAN, PYSER et PYEN** représentent les contributions respectives (%) des secteurs économiques à la formation du PIB, spécifiées par l'utilisateur dans la feuille de calcul "GDP-D".

Les valeurs ajoutées (VA) des sous-secteurs Agriculture, Construction, Mines, Industries manufacturières et Services sont données par :

<b>YAG(I)</b>	=	<b>YAGR * ( PVAAG(I) / 100 )</b>	<b>I=1,.....,NSAGR</b> (AGRiculture)
<b>YCO(I)</b>	=	<b>YCON * ( PVACO(I) / 100 )</b>	<b>I=1,.....,NSCON</b> (CONstruction)
<b>YMI(I)</b>	=	<b>YMIN * ( PVAMI(I) / 100 )</b>	<b>I=1,.....,NSMIN</b> (MINes)
<b>YMA(I)</b>	=	<b>YMAN * ( PVAMA(I) / 100 )</b>	<b>I=1,.....,NSMAN</b> (Ind. MANufacturieres)
<b>YSE(I)</b>	=	<b>YSER * ( PVASE(I) / 100 )</b>	<b>I=1,.....,NSSER</b> (SERvices)

où: **PVAAG(I), PVACO(I), PVAMI(I), PVAMA(I) et PVASE(I)** représentent les contributions (%) du sous-secteur I (spécifiées par l'utilisateur dans la feuille de calcul "GDP-D") à la valeur ajoutée du secteur principal considéré, tandis que **NSAGR, NSCON, NSMIN, NSMAN et NSSER** représentent le nombre de sous-secteurs de chaque secteur économique principal.

PIB total par personne (MU/CAP):

$$Y.CAP = Y / PO * 1000$$

Valeur ajoutée de chaque secteur économique principal par personne (MU/CAP):

YAGR.CAP =	YAGR / PO * 1000	(AGRIculture)
YCON.CAP =	YCON / PO * 1000	(CONstruction)
YMIN.CAP =	YMIN / PO * 1000	(MINes)
YMAN.CAP =	YMAN / PO * 1000	(Ind. MANufacturières)
YSER.CAP =	YSER / PO * 1000	(SERvices)
YEN.CAP =	YEN / PO * 1000	(ENergie)

Taux de croissance de la valeur ajoutée des secteurs/sous-secteurs, du PIB total et du PIB par personne (%):

YAGR.GR =	$\{ (YAGR / YAGR(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	(AGRIculture)
YAG.GR(I) =	$\{ (YAG(I) / YAG(I)(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	I=1,.....,NSAGR
YCON.GR =	$\{ (YCON / YCON(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	(CONstruction)
YCO.GR(I) =	$\{ (YCO(I) / YCO(I)(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	I=1,.....,NSCON
YMIN.GR =	$\{ (YMIN / YMIN(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	(MINes)
YMI.GR(I) =	$\{ (YMI(I) / YMI(I)(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	I=1,.....,NSMIN
YMAN.GR =	$\{ (YMAN / YMAN(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	(Ind. MANufacturières)
YMA.GR(I) =	$\{ (YMA(I) / YMA(I)(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	I=1,.....,NSMAN
YSER.GR =	$\{ (YSER / YSER(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	(SERvices)
YSE.GR(I) =	$\{ (YSE(I) / YSE(I)(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	I=1,.....,NSSER
YEN.GR =	$\{ (YEN / YEN(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	(ENergie)
Y.GR =	$\{ (Y / Y(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	(PIB total)
Y.CAP.GR =	$\{ (Y.CAP / Y.CAP(-1))^{(1/INCR)} - 1 \} * 100$	(PIB par personne)

Les équations précédentes sont similaires à celles décrites auparavant pour les variables POGR et YGR.

## 5.5 Calcul de la demande d'énergie

### 5.5.1 Secteur Industrie

(a) Intensités énergétiques moyennes des secteurs Agriculture, Construction, Mines et Industries manufacturières (voir la feuille de calcul "EnInt-D" dans MAED\_D.xls)

Intensités énergétiques des Carburants (MF):

$$\begin{aligned} \text{EI.MF.AGR} &= \sum_{I=1}^{NSAGR} (\text{EI.MF.AG(I)} * \text{PVAAG(I)}) / 100 && (\text{AGRiculture}) \\ \text{EI.MF.CON} &= \sum_{I=1}^{NSCON} (\text{EI.MF.CO(I)} * \text{PVACO(I)}) / 100 && (\text{CONstruction}) \\ \text{EI.MF.MIN} &= \sum_{I=1}^{NSMIN} (\text{EI.MF.MI(I)} * \text{PVAMI(I)}) / 100 && (\text{MINes}) \\ \text{EI.MF.MAN} &= \sum_{I=1}^{NSMAN} (\text{EI.MF.MA(I)} * \text{PVAMA(I)}) / 100 && (\text{Ind. MANufacturières}) \end{aligned}$$

Intensités énergétiques des usages Spécifiques de l'Électricité (ELS):

$$\begin{aligned} \text{EI.ELS.AGR} &= \sum_{I=1}^{NSAGR} (\text{EI.ELS.AG(I)} * \text{PVAAG(I)}) / 100 && (\text{AGRiculture}) \\ \text{EI.ELS.CON} &= \sum_{I=1}^{NSCON} (\text{EI.ELS.CO(I)} * \text{PVACO(I)}) / 100 && (\text{CONstruction}) \\ \text{EI.ELS.MIN} &= \sum_{I=1}^{NSMIN} (\text{EI.ELS.MI(I)} * \text{PVAMI(I)}) / 100 && (\text{MINes}) \\ \text{EI.ELS.MAN} &= \sum_{I=1}^{NSMAN} (\text{EI.ELS.MA(I)} * \text{PVAMA(I)}) / 100 && (\text{Ind. MANufacturières}) \end{aligned}$$

Intensités énergétiques des Usages Thermiques (TU):

$$\begin{aligned} \text{EI.TU.AGR} &= \sum_{I=1}^{NSAGR} (\text{EI.TU.AG(I)} * \text{PVAAG(I)}) / 100 && (\text{AGRiculture}) \\ \text{EI.TU.CON} &= \sum_{I=1}^{NSCON} (\text{EI.TU.CO(I)} * \text{PVACO(I)}) / 100 && (\text{CONstruction}) \\ \text{EI.TU.MIN} &= \sum_{I=1}^{NSMIN} (\text{EI.TU.MI(I)} * \text{PVAMI(I)}) / 100 && (\text{MINes}) \\ \text{EI.TU.MAN} &= \sum_{I=1}^{NSMAN} (\text{EI.TU.MA(I)} * \text{PVAMA(I)}) / 100 && (\text{Ind. MANufacturières}) \end{aligned}$$

## (b) Demande d'énergie des secteurs Agriculture, Construction et Mines (ACM)

La demande de carburants et d'électricité pour les usages spécifiques tels que l'éclairage, la force motrice et l'électrolyse est calculée directement en termes d'énergie finale. En revanche, la demande d'énergie thermique est d'abord calculée en termes d'énergie utile, puis convertie en énergie finale à partir des valeurs de pénétration des différentes formes d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, énergie solaire, combustibles fossiles) dans le marché de l'énergie thermique et des valeurs des rendements (par rapport à celui de l'électricité utilisée avec des technologies conventionnelles), incluses dans le scénario.

**(b.1) Demande d'énergie pour les carburants, l'électricité (usages spécifiques) et les usages thermiques** (voir feuilles de calcul "UsEne-D" et "FIN\_ACM" de MAED\_D.xls)

Demande d'énergie finale en Carburants (MF):

$$\text{US.MF.AG(I)} = \text{EI.MF.AG(I)} * \text{YAG(I)} * \text{CF1} \quad \text{I=1, \dots, NSAGR} \\ \text{(sous-secteur I de AGR)}$$

$$\text{MFAGR} = \text{US.MF.AGR} \\ = \sum_{I=1}^{\text{NSAGR}} \text{US.MF.AG(I)} \\ = \sum_{I=1}^{\text{NSAGR}} (\text{EI.MF.AG(I)} * \text{YAG(I)}) * \text{CF1} \quad \text{(AGR)}$$

$$\text{US.MF.CO(I)} = \text{EI.MF.CO(I)} * \text{YCO(I)} * \text{CF1} \quad \text{I=1, \dots, NSCON} \\ \text{(sous-secteur I de CON)}$$

$$\text{MFCON} = \text{US.MF.CON} \\ = \sum_{I=1}^{\text{NSCON}} \text{US.MF.CO(I)} \\ = \sum_{I=1}^{\text{NSCON}} (\text{EI.MF.CO(I)} * \text{YCO(I)}) * \text{CF1} \quad \text{(CON)}$$

$$\text{US.MF.MI(I)} = \text{EI.MF.MI(I)} * \text{YAG(I)} * \text{CF1} \quad \text{I=1, \dots, NSMIN (sous-} \\ \text{secteur I de MIN)}$$

$$\text{MFMIN} = \text{US.MF.MIN} \\ = \sum_{I=1}^{\text{NSMIN}} \text{US.MF.MI(I)} \\ = \sum_{I=1}^{\text{NSMIN}} (\text{EI.MF.MI(I)} * \text{YMI(I)}) * \text{CF1} \quad \text{(MIN)}$$

$$\text{MFACM} = \text{MFAGR} + \text{MFCON} + \text{MFMIN} \quad \text{(ACM)}$$

Demande d'énergie finale en Electricité, pour ses usages Spécifiques (ELS):

$$\text{US.ELS.AG(I)} = \mathbf{EI.ELS.AG(I)} * \text{YAG(I)} * \mathbf{CF1} \quad \text{I=1,.....,NSAGR}$$

(sous-secteur I de AGR)

$$\begin{aligned} \text{ELSAGR} &= \text{US.ELS.AGR} \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSAGR}} \text{US.ELS.AG(I)} \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSAGR}} ( \mathbf{EI.ELS.AG(I)} * \text{YAG(I)} ) * \mathbf{CF1} \end{aligned} \quad \text{(AGR)}$$

$$\text{US.ELS.CO(I)} = \mathbf{EI.ELS.CO(I)} * \text{YCO(I)} * \mathbf{CF1} \quad \text{I=1,.....,NSCON}$$

(sous-secteur I de CON)

$$\begin{aligned} \text{ELSCON} &= \text{US. ELS.CON} \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSCON}} \text{US.ELS.CO(I)} \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSCON}} ( \mathbf{EI. ELS.CO(I)} * \text{YCO(I)} ) * \mathbf{CF1} \end{aligned} \quad \text{(CON)}$$

$$\text{US.ELS.MI(I)} = \mathbf{EI.ELS.MI(I)} * \text{YMI(I)} * \mathbf{CF1} \quad \text{I=1,.....,NSMIN}$$

(sous-secteur I de MIN)

$$\begin{aligned} \text{ELSMIN} &= \text{US.ELS.MIN} \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSMIN}} \text{US.ELS.MI(I)} \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSMIN}} ( \mathbf{EI. ELS.MI(I)} * \text{YMI(I)} ) * \mathbf{CF1} \end{aligned} \quad \text{(MIN)}$$

$$\mathbf{ELSACM} = \text{ELSAGR} + \text{ELSCON} + \text{ELSMIN} \quad \text{(ACM)}$$

Demande d'énergie utile pour les Usages Thermiques (TU):

$$\text{US.TU.AG(I)} = \mathbf{EI.TU.AG(I)} * \text{YAG(I)} * \mathbf{CF1} \quad \text{I=1,.....,NSAGR}$$

(sous-secteur I de AGR)

$$\begin{aligned} \text{US.TU.AGR} &= \sum_{I=1}^{\text{NSAGR}} \text{US.TU.AG(I)} \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSAGR}} ( \mathbf{EI.TU.AG(I)} * \text{YAG(I)} ) * \mathbf{CF1} \end{aligned} \quad \text{(AGR)}$$

$$\text{US.TU.CO(I)} = \mathbf{EI.TU.CO(I)} * \text{YCO(I)} * \mathbf{CF1} \quad \text{I=1,.....,NSCON}$$

(sous-secteur I de CON)

$$\begin{aligned} \text{US.TU.CON} &= \sum_{I=1}^{\text{NSCON}} \text{US.TU.CO(I)} \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSCON}} ( \mathbf{EI.TU.CO(I)} * \text{YCO(I)} ) * \mathbf{CF1} \end{aligned} \quad \text{(CON)}$$

$$\text{US.TU.MI(I)} = \mathbf{EI.TU.MI(I)} * \text{YMI(I)} * \mathbf{CF1} \quad \text{I=1,.....,NSMIN (sous-}$$

secteur I de MIN)



$$\begin{aligned}
\text{US.TU.MIN} &= \sum_{I=1}^{NSMIN} \text{US.TU.MI(I)} \\
&= \sum_{I=1}^{NSMIN} (\text{EL.TU.MI(I)} * \text{YMI(I)}) * \text{CF1} \quad (\text{MIN})
\end{aligned}$$

$$\text{US.TU.ACM} = \text{US.TU.AGR} + \text{US.TU.CON} + \text{US.TU.MIN} \quad (\text{ACM})$$

Dans les équations précédentes, **CF1** est le facteur de conversion du TWh, unité d'énergie interne de référence du modèle, à l'unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

**(b.2) Pénétration moyenne des différentes formes d'énergie dans la demande d'énergie thermique utile pour l'ACM (%):** (voir Tableau 5-4, feuille de calcul "ACMFac-D" dans MAED\_D.xls)

Les pénétrations des différentes formes d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité, énergie solaire, combustibles fossiles) dans le marché de la demande d'énergie thermique de chaque secteur (Agriculture, Construction et Mines) sont entrées dans les Tableaux 5-1 à 5-3 de la feuille de calcul "ACMFac-D". Sur la base de ces pénétrations spécifiques à chaque secteur, et du poids de chaque secteur dans le marché de la demande totale d'énergie thermique utile des trois secteurs, le logiciel calcule la pénétration moyenne pondérée dans le marché pour chaque source d'énergie (Tableau 5-4) à l'aide des équations suivantes:

Combustibles traditionnels (TF):

$$\begin{aligned}
\text{TFPACM} &= (\text{TFPAGR} * \text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{TFPCON} * \text{EL.TU.CON} * \text{YCON} \\
&\quad + \text{TFPMIN} * \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN}) \\
&\quad / (\text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{EL.TU.CON} * \text{YCON} + \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN}) \\
&= (\text{TFPAGR} * \text{US.TU.AGR} + \text{TFPCON} * \text{US.TU.CON} \\
&\quad + \text{TFPMIN} * \text{US.TU.MIN}) / \text{US.TU.ACM}
\end{aligned}$$

Biomasse moderne (MB):

$$\begin{aligned}
\text{MBPACM} &= (\text{MBPAGR} * \text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{MBPCON} * \text{EL.TU.CON} * \text{YCON} \\
&\quad + \text{MBPMIN} * \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN}) \\
&\quad / (\text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{EL.TU.CON} * \text{YCON} + \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN}) \\
&= (\text{MBPAGR} * \text{US.TU.AGR} + \text{MBPCON} * \text{US.TU.CON} \\
&\quad + \text{MBPMIN} * \text{US.TU.MIN}) / \text{US.TU.ACM}
\end{aligned}$$

Electricité (EL-conventionnelle):

$$\begin{aligned}
\text{ELPACM} &= (\text{ELPAGR} * \text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{ELPCON} * \text{EL.TU.CON} * \text{YCON} \\
&\quad + \text{ELPMIN} * \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN}) \\
&\quad / (\text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{EL.TU.CON} * \text{YCON} + \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN}) \\
&= (\text{ELPAGR} * \text{US.TU.AGR} + \text{ELPCON} * \text{US.TU.CON} \\
&\quad + \text{ELPMIN} * \text{US.TU.MIN}) / \text{US.TU.ACM}
\end{aligned}$$

Systèmes solaires (SS):

$$\text{SSPACM} = (\text{SSPAGR} * \text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{SSPCON} * \text{EL.TU.CON} * \text{YCON}$$

$$\begin{aligned}
& + \text{SSPMIN} * \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN} ) \\
& / ( \text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{EL.TU.CON} * \text{YCON} + \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN} ) \\
= & ( \text{SSPAGR} * \text{US.TU.AGR} + \text{SSPCON} * \text{US.TU.CON} \\
& + \text{SSPMIN} * \text{US.TU.MIN} ) / \text{US.TU.ACM}
\end{aligned}$$

Combustibles fossiles (FF):

$$\begin{aligned}
\text{FFPACM} & = ( \text{FFPAGR} * \text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{FFPCON} * \text{EL.TU.CON} * \text{YCON} \\
& + \text{FFPMIN} * \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN} ) \\
& / ( \text{EL.TU.AGR} * \text{YAGR} + \text{EL.TU.CON} * \text{YCON} + \text{EL.TU.MIN} * \text{YMIN} ) \\
= & ( \text{FFPAGR} * \text{US.TU.AGR} + \text{FFPCON} * \text{US.TU.CON} \\
& + \text{FFPMIN} * \text{US.TU.MIN} ) / \text{US.TU.ACM}
\end{aligned}$$

**(b.3) Conversion de la demande d'énergie utile à la demande d'énergie finale pour les secteurs ACM pour les usages thermiques** (voir feuille de calcul "FIN\_ACM" dans MAED\_D.xls)

Agriculture (AGR):

$$\begin{aligned}
\text{TFAGR} & = \text{US.TU.AGR} * ( \text{TFPAGR} / 100 ) / ( \text{TFEAGR} / 100 ) && \text{(combustibles traditionnels)} \\
\text{MBAGR} & = \text{US.TU.AGR} * ( \text{MBPAGR} / 100 ) / ( \text{MBEAGR} / 100 ) && \text{(biomasse moderne)} \\
\text{ELHAGR} & = \text{US.TU.AGR} * ( \text{ELPAGR} / 100 ) && \text{(électricité pour les usages thermiques)} \\
\text{SSAGR} & = \text{US.TU.AGR} * ( \text{SSPAGR} / 100 ) && \text{(énergie solaire)} \\
\text{FFAGR} & = \text{US.TU.AGR} * ( \text{FFPAGR} / 100 ) / ( \text{FFEAGR} / 100 ) && \text{(combustibles fossiles)}
\end{aligned}$$

Construction (CON):

$$\begin{aligned}
\text{TFCON} & = \text{US.TU.CON} * ( \text{TFPCON} / 100 ) / ( \text{TFECON} / 100 ) && \text{(combustibles traditionnels)} \\
\text{MBCON} & = \text{US.TU.CON} * ( \text{MBPCON} / 100 ) / ( \text{MBECON} / 100 ) && \text{(biomasse moderne)} \\
\text{ELHCON} & = \text{US.TU.CON} * ( \text{ELPCON} / 100 ) && \text{(électricité pour les usages thermiques)} \\
\text{SSCON} & = \text{US.TU.CON} * ( \text{SSPCON} / 100 ) && \text{(énergie solaire)} \\
\text{FFCON} & = \text{US.TU.CON} * ( \text{FFPCON} / 100 ) / ( \text{FFECON} / 100 ) && \text{(combustibles fossiles)}
\end{aligned}$$

Mines (MIN):

$$\begin{aligned}
\text{TFMIN} & = \text{US.TU.MIN} * ( \text{TFPMIN} / 100 ) / ( \text{TFEMIN} / 100 ) && \text{(combustibles traditionnels)} \\
\text{MBMIN} & = \text{US.TU.MIN} * ( \text{MBPMIN} / 100 ) / ( \text{MBEMIN} / 100 ) && \text{(biomasse moderne)} \\
\text{ELHMIN} & = \text{US.TU.MIN} * ( \text{ELPMIN} / 100 ) && \text{(électricité pour les usages thermiques)} \\
\text{SSMIN} & = \text{US.TU.MIN} * ( \text{SSPMIN} / 100 ) && \text{(énergie solaire)} \\
\text{FFMIN} & = \text{US.TU.MIN} * ( \text{FFPMIN} / 100 ) / ( \text{FFEMIN} / 100 ) && \text{(combustibles fossiles)}
\end{aligned}$$

#### **(b.4) Demande d'énergie finale de l'Agriculture (AGR)**

(voir feuille de calcul "FIN\_ACM" dans MAED\_D.xls)

$$\text{ELAGR} = \text{ELSAGR} + \underline{\text{ELHAGR}} \quad (\text{électricité, total})$$

$$\text{FINAGR} = \text{MFAGR} + \text{ELAGR} + \text{TFAGR} + \text{MBAGR} + \text{SSAGR} + \text{FFAGR} \quad (\text{énergie finale totale})$$

Parts des différentes formes d'énergie dans la demande totale d'énergie finale de l'Agriculture (%):

$$\begin{aligned} \text{TFAGR.S} &= \text{TFAGR} / \text{FINAGR} * 100 && (\text{combustibles traditionnels}) \\ \text{MBAGR.S} &= \text{MBAGR} / \text{FINAGR} * 100 && (\text{biomasse moderne}) \\ \text{ELAGR.S} &= \text{ELAGR} / \text{FINAGR} * 100 && (\text{électricité}) \\ \text{SSAGR.S} &= \text{SSAGR} / \text{FINAGR} * 100 && (\text{énergie solaire}) \\ \text{FFAGR.S} &= \text{FFAGR} / \text{FINAGR} * 100 && (\text{combustibles fossiles}) \\ \text{MFAGR.S} &= \text{MFAGR} / \text{FINAGR} * 100 && (\text{carburants}) \end{aligned}$$

Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique) pour le secteur Agriculture (kWh/MU):

$$\begin{aligned} \text{EI.TF.AGR} &= (\text{TFAGR} / \text{YAGR}) / \mathbf{CF1} && (\text{combustibles traditionnels}) \\ \text{EI.MB.AGR} &= (\text{MBAGR} / \text{YAGR}) / \mathbf{CF1} && (\text{biomasse moderne}) \\ \text{EI.EL.AGR} &= (\text{ELAGR} / \text{YAGR}) / \mathbf{CF1} && (\text{électricité}) \\ \text{EI.SS.AGR} &= (\text{SSAGR} / \text{YAGR}) / \mathbf{CF1} && (\text{énergie solaire}) \\ \text{EI.FF.AGR} &= (\text{FFAGR} / \text{YAGR}) / \mathbf{CF1} && (\text{combustibles fossiles}) \\ \text{EI.MF.AGR} &= (\text{MFAGR} / \text{YAGR}) / \mathbf{CF1} && (\text{carburants}) \\ \text{EI.FIN.AGR} &= (\text{FINAGR} / \text{YAGR}) / \mathbf{CF1} && (\text{énergie finale totale}) \end{aligned}$$

#### **(b.5) Demande d'énergie finale du secteur Construction (CON)**

(voir feuille de calcul "FIN\_ACM" dans MAED\_D.xls)

$$\text{ELCON} = \text{ELSCON} + \underline{\text{ELHCON}} \quad (\text{électricité, total})$$

$$\text{FINCON} = \text{MFCON} + \text{ELCON} + \text{TFCON} + \text{MBCON} + \text{SSCON} + \text{FFCON} \quad (\text{énergie finale totale})$$

Parts des formes d'énergie dans la demande totale d'énergie finale du secteur Construction (%):

$$\begin{aligned} \text{TFCON.S} &= \text{TFCON} / \text{FINCON} * 100 && (\text{combustibles traditionnels}) \\ \text{MBCON.S} &= \text{MBCON} / \text{FINCON} * 100 && (\text{biomasse moderne}) \end{aligned}$$

ELCON.S	=	ELCON / FINCON * 100	(électricité)
SSCON.S	=	SSCON / FINCON * 100	(énergie solaire)
FFCON.S	=	FFCON / FINCON * 100	(combustibles fossiles)
MFCON.S	=	MFCON / FINCON * 100	(carburants)

Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique) pour le secteur Construction (kWh/MU):

EI.TF.CON	=	( TFCON / YCON ) / CF1	(combustibles traditionnels)
EI.MB.CON	=	( MBCON / YCON ) / CF1	(biomasse moderne)
EI.EL.CON	=	( ELCON / YCON ) / CF1	(électricité)
EI.SS.CON	=	( SSCON / YCON ) / CF1	(énergie solaire)
EI.FF.CON	=	( FFCON / YCON ) / CF1	(combustibles fossiles)
EI.MF.CON	=	( MFCON / YCON ) / CF1	(carburants)
EI.FIN.CON	=	( FINCON / YCON ) / CF1	(énergie finale totale)

**(b.6) Demande d'énergie finale du secteur Mines (MIN)**  
(voir feuille de calcul "FIN\_ACM" dans MAED\_D.xls)

ELMIN	=	ELSMIN + <u>ELHMIN</u>	(électricité, total)
FINMIN	=	MFMIN + ELMIN + TFMIN + MBMIN + SSMIN + FFMIN	(énergie finale totale)

Parts des différentes formes d'énergie dans la demande totale d'énergie finale du secteur Mines (%):

TFMIN.S	=	TFMIN / FINMIN * 100	(combustibles traditionnels)
MBMIN.S	=	MBMIN / FINMIN * 100	(biomasse moderne)
ELMIN.S	=	ELMIN / FINMIN * 100	(électricité)
SSMIN.S	=	SSMIN / FINMIN * 100	(énergie solaire)
FFMIN. S	=	FFMIN / FINMIN * 100	(combustibles fossiles)
MFMIN.S	=	MFMIN / FINMIN * 100	(carburants)

Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique) pour le secteur Mines (kWh/MU):

EI.TF.MIN	=	( TFMIN / YMIN ) / CF1	(combustibles traditionnels)
EI.MB.MIN	=	( MBMIN / YMIN ) / CF1	(biomasse moderne)

EL.EL.MIN	=	( ELMIN / YMIN ) / CF1	(électricité)
EI.SS.MIN	=	( SSMIN / YMIN ) / CF1	(énergie solaire)
EI.FF.MIN	=	( FFMIN / YMIN ) / CF1	(combustibles fossiles)
EI.MF.MIN	=	( MFMIN / YMIN ) / CF1	(carburants)
EI.FIN.MIN	=	( FINMIN / YMIN ) / CF1	(énergie finale totale)

**(b.7) Demande d'énergie finale des secteurs Agriculture, Construction et Mines (ACM)**  
(voir feuille de calcul "FIN\_ACM" dans MAED\_D.xls)

Demande totale d'énergie finale par forme d'énergie

TFACM	=	TFAGR + TFCON + TFMIN	(combustibles traditionnels)
MBACM	=	MBAGR + MBCON + MBMIN	(biomasse moderne)
<u>ELSACM</u>	=	ELSAGR + ELSCON + ELSMIN	(électricité pour les usages spécifiques)
<u>ELHACM</u>	=	<u>ELHAGR</u> + <u>ELHCON</u> + <u>ELHMIN</u>	(électricité pour les usages thermiques)
ELACM	=	<u>ELSACM</u> + <u>ELHACM</u>	
	=	ELAGR + ELCON + ELMIN	(électricité, total)
SSACM	=	SSAGR + SSSCON + SSMIN	(énergie solaire)
FFACM	=	FFAGR + FFCON + FFMIN	(combustibles fossiles)
MFACM	=	MFAGR + MFCON + MFMIN	(carburants)
FINACM	=	MFACM + ELACM + TFACM + MBACM + SSACM + FFACM	
	=	FINAGR + FINCON + FINMIN	(énergie finale totale)

Parts des formes d'énergie dans la demande totale d'énergie finale des secteurs ACM (%) :

TFACM.S	=	TFACM / FINACM * 100	(combustibles traditionnels)
MBACM.S	=	MBACM / FINACM * 100	(biomasse moderne)
ELACM.S	=	ELACM / FINACM * 100	(électricité)
SSACM.S	=	SSACM / FINACM * 100	(énergie solaire)
FFACM.S	=	FFACM / FINACM * 100	(combustibles fossiles)
MFACM.S	=	MFACM / FINACM * 100	(carburants)

Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique) pour les secteurs ACM (kWh/MU):

EI.TF.ACM	=	( TFACM / YACM ) / CF1	(combustibles traditionnels)
-----------	---	------------------------	------------------------------

EI.MB.ACM =	( MBACM / YACM ) / CF1	(biomasse moderne)
EI.EL.ACM =	( ELACM / YACM ) / CF1	(électricité)
EI.SS.ACM =	( SSACM / YACM ) / CF1	(énergie solaire)
EI.FF.ACM =	( FFACM / YACM ) / CF1	(combustibles fossiles)
EI.MF.ACM =	( MFACM / YACM ) / CF1	(carburants)
EI.FIN.ACM =	( FINACM / YACM ) / CF1	(énergie finale totale)

### (c) Demande d'énergie des Industries manufacturières (MAN)

La demande d'énergie du secteur Industries manufacturières est calculée de la même manière que pour les secteurs ACM: la demande de carburants et d'électricité pour ses usages spécifiques (éclairage, force motrice, électrolyse...) est calculée directement en termes d'énergie finale. La demande d'énergie thermique est en revanche d'abord calculée en termes d'énergie utile, puis est convertie en énergie finale sur la base des hypothèses du scénario concernant les pénétrations des différentes formes d'énergie (combustibles traditionnels, biomasse moderne, électricité (conventionnelle et pompes à chaleur), systèmes de production centralisée de chaleur, cogénération, énergie solaire, et combustibles fossiles) dans le marché de cette demande et les rendements (par rapport à celui de l'électricité utilisant des technologies conventionnelles).

#### (c.1) Demande d'énergie finale en carburants (MF), en électricité pour ses usages spécifiques (ELS) et demande d'énergie utile pour les usages thermiques (TU) (voir feuilles de calcul "UsEne-D" et "FIN\_Ind-D" dans MAED\_D.xls)

Sous-secteur I du secteur Industries manufacturières:

US.MF.MA(I)	=	<b>EI.MF.MA(I) * YMA(I) * CF1</b>	I=1,.....,NSMAN (MF)
US.ELS.MA(I)	=	<b>EI.ELS.MA(I) * YMA(I) * CF1</b>	I=1,.....,NSMAN (ELS)
US.TU.MA(I)	=	<b>EI.TU.MA(I) * YMA(I) * CF1</b>	I=1,.....,NSMAN (TU)

Secteur Industries manufacturières:

$$\begin{aligned}
 \text{MFMAN} &= \text{US.MF.MAN} \\
 &= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} \text{US.MF.MA(I)} \\
 &= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} ( \text{EI.MF.MA(I) * YMA(I) } ) * \text{CF1} \quad (\text{MF})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{ELSMAN} &= \text{US.ELS.MAN} \\
&= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} \text{US.ELS.MA(I)} \\
&= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} (\mathbf{EI.ELS.MA(I)} * \text{YMA(I)}) * \mathbf{CF1} && \text{(ELS)} \\
\text{US.TU.MAN} &= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} \text{US.TU.MA(I)} \\
&= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} (\mathbf{EI.TU.MA(I)} * \text{YMA(I)}) * \mathbf{CF1} && \text{(TU)}
\end{aligned}$$

Pour convertir la demande d'énergie thermique utile du secteur Industries manufacturières en énergie finale il faut prendre en considération les hypothèses du scénario relatives aux pénétrations des différentes formes d'énergie dans les marchés potentiels concernés et aux rendements. Ces marchés potentiels sont définis de manière générale par trois processus thermiques (catégories de demande), à savoir:

- production de vapeur;
- fours/usage direct de combustibles (excepté l'électrolyse et la réduction de la fonte brute à l'aide du coke, qui sont considérées comme des usages spécifiques de l'électricité);
- chauffage et eau chaude sanitaire.

Demande d'énergie thermique utile (US) par sous-secteur des Industries MANufacturrières et par type d'usage: (voir feuille de calcul "ManFac1-D" dans MAED\_D.xls)

$$\begin{aligned}
\text{USMAN(I,1)} &= \mathbf{EI.TU.MA(I)} * \text{YMA(I)} * (\mathbf{PUSIND(I,1)} / 100) * \mathbf{CF1} \\
&= \text{US.TU.MA(I)} * (\mathbf{PUSIND(I,1)} / 100) * \mathbf{CF1} && \text{(sous-secteur I;} \\
&&& \text{production de vapeur)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{USMAN(I,2)} &= \mathbf{EI.TU.MA(I)} * \text{YMA(I)} * (\mathbf{PUSIND(I,2)} / 100) * \mathbf{CF1} \\
&= \text{US.TU.MA(I)} * (\mathbf{PUSIND(I,2)} / 100) * \mathbf{CF1} && \text{(fours/usage direct de} \\
&&& \text{combustibles)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{USMAN(I,3)} &= \mathbf{EI.TU.MA(I)} * \text{YMA(I)} * (\mathbf{PUSIND(I,3)} / 100) * \mathbf{CF1} \\
&= \text{US.TU.MA(I)} * (\mathbf{PUSIND(I,3)} / 100) * \mathbf{CF1} && \text{(chauffage/eau} \\
&&& \text{chaude sanitaire)}
\end{aligned}$$

ou, de manière générale:

$$\begin{aligned}
\text{USMAN(I,J)} &= \mathbf{EI.TU.MA(I)} * \text{YMA(I)} * (\mathbf{PUSIND(I,J)} / 100) * \mathbf{CF1} \\
&= \text{US.TU.MA(I)} * (\mathbf{PUSIND(I,J)} / 100) * \mathbf{CF1}
\end{aligned}$$

où: Sous-secteurs des Industries manufacturières:  $I=1, \dots, \text{NSMAN}$ , et

Processus thermiques: (J=1) Production de vapeur (STM)  
 (J=2) Fours/usage direct de combustibles (FUR)  
 (J=3) Chauffage/eau chaude sanitaire (SWH)

Dans les équations précédentes, **CF1** est le facteur de conversion du TWh, unité d'énergie interne au modèle, à l'unité d'énergie spécifiée dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

Demande d'énergie thermique utile (US) des Industries MANUFACTURIÈRES par type d'application: (voir feuille de calcul "ManFac1-D" dans MAED\_D.xls)

$$\begin{aligned} \text{US.STM.MAN} &= \text{USMAN}(1) \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} \text{USMAN}(I,1) && \text{(production de vapeur)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{US.FUR.MAN} &= \text{USMAN}(2) \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} \text{USMAN}(I,2) && \text{(fours/usage direct de} \\ &&& \text{combustibles)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{US.SWH.MAN} &= \text{USMAN}(3) \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} \text{USMAN}(I,3) && \text{(chauffage/eau} \\ &&& \text{chaude sanitaire)} \end{aligned}$$

Demande d'énergie thermique utile (US) par sous-secteur des Industries MANUFACTURIÈRES:

$$\text{USMA}(I) = \text{USMAN}(I,1) + \text{USMAN}(I,2) + \text{USMAN}(I,3) \quad I=1, \dots, \text{NSMAN}$$

Demande totale d'énergie thermique utile du secteur Industries MANUFACTURIÈRES:

$$\begin{aligned} \text{USMAN}(4) &= \text{US.STM.MAN} + \text{US.FUR.MAN} + \text{US.SWH.MAN} \\ &= \sum_{I=1}^3 \text{USMAN}(I) \\ &= \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} \text{USMA}(I) \end{aligned}$$

### **(c.2) Pénétration du marché (PM) des différentes formes d'énergie (%)**

(voir Tableaux 8-5 et 8-3, feuille de calcul "ManFac2-D" dans MAED\_D.xls)

Electricité (EL-conventionnelle):

$$\text{PMEL}(1) = \text{ELPMAN}(1) * (1 - (\text{HPP.STM.MAN} / 100)) \quad \text{(production de vapeur)}$$

$$\text{PMEL}(2) = \text{ELPMAN}(2) \quad \text{(fours/usage direct de combustibles)}$$



PMEL(3) =  $\text{ELPMAN}(3) * ( 1 - ( \text{HPP.SWH.MAN} / 100 ) )$  (chauffage/eau chaude sanitaire)

PMEL(4) =  $( \text{PMEL}(1) * \text{USMAN}(1) + \text{PMEL}(2) * \text{USMAN}(2) + \text{PMEL}(3) * \text{USMAN}(3) ) / \text{USMAN}(4)$  (énergie thermique utile totale)

Electricité (HP - pompes à chaleur):

PMHP(1) =  $\text{ELPMAN}(1) * ( \text{HPP.STM.MAN} / 100 )$  (production de vapeur)

PMHP(2) = 0 (fours/usage direct de combustibles)

PMHP(3) =  $\text{ELPMAN}(3) * ( \text{HPP.SWH.MAN} / 100 )$  (chauffage/eau chaude sanitaire)

PMHP(4) =  $( \text{PMHP}(1) * \text{USMAN}(1) + \text{PMHP}(2) * \text{USMAN}(2) + \text{PMHP}(3) * \text{USMAN}(3) ) / \text{USMAN}(4)$  (énergie thermique utile totale)

Systèmes de production centralisée de chaleur (DH):

PMDH(1) =  $\text{DHP.STM.MAN}$  (production de vapeur)

PMDH(2) = 0 (fours/usage direct de combustibles)

PMDH(3) =  $\text{DHP.SWH.MAN}$  (chauffage/eau chaude sanitaire)

PMDH(4) =  $( \text{PMDH}(1) * \text{USMAN}(1) + \text{PMDH}(2) * \text{USMAN}(2) + \text{PMDH}(3) * \text{USMAN}(3) ) / \text{USMAN}(4)$  (énergie thermique utile totale)

Systèmes solaires (SS):

PMSS(1) =  $\text{SSP.STM.MAN} * ( \text{FIDS} / 100 )$  (production de vapeur)

PMSS(2) = 0 (fours/usage direct de combustibles)

PMSS(3) =  $\text{SSP.SWH.MAN} * ( \text{FIDS} / 100 )$  (chauffage/eau chaude sanitaire)

PMSS(4) =  $( \text{PMSS}(1) * \text{USMAN}(1) + \text{PMSS}(2) * \text{USMAN}(2) + \text{PMSS}(3) * \text{USMAN}(3) ) / \text{USMAN}(4)$  (énergie thermique utile totale)

Cogénération dans les centrales industrielles (et non dans les centrales du système électrique (CG)) :

PMCG(1) =  $\text{CGP.STM.MAN}$  (production de vapeur)

PMCG(2) = 0 (fours/usage direct de combustibles)

PMCG(3) = **CGP.SWH.MAN** (chauffage/eau chaude sanitaire)

PMCG(4) = ( PMCG(1) \* USMAN(1) + PMCG(2) \* USMAN(2) + PMCG(3) \* USMAN(3) ) / USMAN(4) (énergie thermique utile totale)

Combustibles traditionnels (TF):

PMTF(1) = **TFPMAN(1)** (production de vapeur)

PMTF(2) = **TFPMAN(2)** (fours/usage direct de combustibles)

PMTF(3) = **TFPMAN(3)** (chauffage/eau chaude sanitaire)

PMNC(4) = ( PMTF(1) \* USMAN(1) + PMTF(2) \* USMAN(2) + PMTF(3) \* USMAN(3) ) / USMAN(4) (énergie thermique utile totale)

Biomasse moderne (MB):

PMMB(1) = **MBPMAN(1)** (production de vapeur)

PMMB(2) = **MBPMAN(2)** (fours/usage direct de combustibles)

PMMB(3) = **MBPMAN(3)** (chauffage/eau chaude sanitaire)

PMMB(4) = ( PMMB(1) \* USMAN(1) + PMMB(2) \* USMAN(2) + PMMB(3) \* USMAN(3) ) / USMAN(4) (énergie thermique utile totale)

Combustibles fossiles (FF) (restant):

PMFF(1) = 100 - ( PMEL(1) + PMHP(1) + PMDH(1) + PMSS(1) + PMCG(1) + PMTF(1) + PMMB(1) ) (production de vapeur)

PMFF(2) = 100 - ( PMEL(2) + PMHP(2) + PMDH(2) + PMSS(2) + PMCG(2) + PMTF(2) + PMMB(2) ) (fours/usage direct de combustibles)

PMFF(3) = 100 - ( PMEL(3) + PMHP(3) + PMDH(3) + PMSS(3) + PMCG(3) + PMTF(3) + PMMB(3) ) (chauffage/eau chaude sanitaire)

PMFF(4) = ( PMFF(1) \* USMAN(1) + PMFF(2) \* USMAN(2) + PMFF(3) \* USMAN(3) ) / USMAN(4) (énergie thermique utile totale)

**(c.3) Rendements moyens des combustibles fossiles, des combustibles traditionnels et de la biomasse moderne pour les processus thermiques (% , par rapport à l'électricité):**

(voir Tableau 8-2, feuille de calcul "Man\_Fac2-D" dans MAED\_D.xls)

Combustibles fossiles (FF):

$$\text{FFEMAN}(4) = \text{USMAN}(4) * \text{PMFF}(4) / [ \text{USMAN}(1) * \text{PMFF}(1) / \text{FFEMAN}(1) + \text{USMAN}(2) * \text{PMFF}(2) / \text{FFEMAN}(2) + \text{USMAN}(3) * \text{PMFF}(3) / \text{FFEMAN}(3) ]$$

Combustibles traditionnels (TF):

Si

$$\text{PMTF}(4) = 0,$$

alors

$$\text{TFEMAN}(4) = ( \text{TFEMAN}(1) + \text{TFEMAN}(2) + \text{TFEMAN}(3) ) / 3$$

Sinon,

$$\text{TFEMAN}(4) = \text{USMAN}(4) * \text{PMFF}(4) / [ \text{USMAN}(1) * \text{PMFF}(1) / \text{TFEMAN}(1) + \text{USMAN}(2) * \text{PMFF}(2) / \text{TFEMAN}(2) + \text{USMAN}(3) * \text{PMFF}(3) / \text{TFEMAN}(3) ]$$

Biomasse moderne (MB):

Si

$$\text{PMMB}(4) = 0,$$

alors

$$\text{MBEMAN}(4) = ( \text{MBEMAN}(1) + \text{MBEMAN}(2) + \text{MBEMAN}(3) ) / 3$$

Sinon,

$$\text{MBEMAN}(4) = \text{USMAN}(4) * \text{PMFF}(4) / [ \text{USMAN}(1) * \text{PMFF}(1) / \text{MBEMAN}(1) + \text{USMAN}(2) * \text{PMFF}(2) / \text{MBEMAN}(2) + \text{USMAN}(3) * \text{PMFF}(3) / \text{MBEMAN}(3) ]$$

**(c.4) Conversion de la demande d'énergie thermique utile en demande d'énergie finale**

(voir feuille de calcul "FIN\_Ind-D" dans MAED\_D.xls)

Cogénération (CG):

$$\text{COGSTH} = \text{USMAN}(4) * ( \text{PMCG}(4) / 100 )$$

Biomasse moderne (MB):

$$\begin{aligned} \text{MBMAN} &= \text{USMAN}(4) * \text{PMMB}(4) / \text{MBEMAN}(4) + \text{COGSTH} \\ &\quad * ( 1 + 1 / \text{HEL RAT} ) / ( \text{EFFCOG} / 100 ) * ( \text{MBSCOG} / 100 ) \\ &= \text{USMAN}(4) * \text{PMMB}(4) / \text{MBEMAN}(4) \\ &\quad + ( \text{USMAN}(4) * ( \text{PMCG}(4) / 100 ) ) * ( 1 + 1 / \text{HEL RAT} ) \\ &\quad / ( \text{EFFCOG} / 100 ) * ( \text{MBSCOG} / 100 ) \end{aligned}$$

### Combustibles fossiles (FF):

$$\begin{aligned}\text{FFMAN} &= \text{USMAN}(4) * \text{PMFF}(4) / \text{FFEMAN}(4) + \text{COGSTH} \\ &\quad * ( 1 + 1 / \text{HEL RAT} ) / ( \text{EFFCOG} / 100 ) * [ 1 - ( \text{MBSCOG} / 100 ) ] \\ &= \text{USMAN}(4) * \text{PMFF}(4) / \text{FFEMAN}(4) \\ &\quad + [ \text{USMAN}(4) * \text{PMCG}(4) / 100 ] * ( 1 + 1 / \text{HEL RAT} ) / ( \text{EFFCOG} / 100 ) \\ &\quad * ( 1 - ( \text{MBSCOG} / 100 ) )\end{aligned}$$

### Electricité pour usages thermiques (ELH):

$$\begin{aligned}\text{ELHMAN} &= \text{USMAN}(4) * ( \text{PMEL}(4) + \text{PMHP}(4) / \text{HPEMAN} ) / 100 \\ &\quad - \text{COGSTH} / \text{HEL RAT} \\ &= \text{USMAN}(4) * ( \text{PMEL}(4) + \text{PMHP}(4) / \text{HPEMAN} ) / 100 \\ &\quad - ( \text{USMAN}(4) * ( \text{PMCG}(4) / 100 ) ) / \text{HEL RAT}\end{aligned}$$

### Combustibles traditionnels (TF):

$$\text{TFMAN} = \text{USMAN}(4) * \text{PMTF}(4) / \text{TFEMAN}(4)$$

### Systèmes centralisés de production de chaleur (DH):

$$\text{DHMAN} = \text{USMAN}(4) * ( \text{PMDH}(4) / 100 )$$

### Systèmes solaires (SS):

$$\text{SSMAN} = \text{USMAN}(4) * ( \text{PMSS}(4) / 100 )$$

### **(c.5) Usage du coke pour la production de fonte brute et d'acier:**

(voir Tableau 8-4 dans la feuille de calcul "Man\_Fac2-D" de MAED\_D.xls)

$$\text{PSTEEL} = \text{CPST}(1) + \text{CPST}(2) * \text{YMA}(1)$$

$$\text{COKE} = \text{PSTEEL} * ( \text{BOF} / 100 ) * ( \text{IRONST} / 100 ) * ( \text{EICOK} / 1000 ) * \text{CF2} * \text{CF1}$$

où: **CF2** est le facteur de conversion du Mtec au TWh et **CF1** est le facteur de conversion du TWh à l'unité d'énergie spécifiée dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

### **(c.6) Besoin en matières premières énergétiques pour l'industrie chimique et pétrochimique:**

(voir Tableau 8-4 dans la feuille de calcul "Man\_Fac2-D" de MAED\_D.xls)

$$\text{PFEED} = \text{CFEED}(1) + \text{CFEED}(2) * \text{YMA}(1)$$

$$\text{FEED} = \text{PFEED} * \text{CF3} * \text{CF1}$$

où: **CF3** est le facteur de conversion du Mtep au TWh et **CF1** est le facteur de conversion du TWh à l'unité d'énergie spécifiée dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

**Remarque:** Le nombre de sous-secteurs du secteur Industries manufacturières étant compris entre 1 et 10 et laissée au choix de l'utilisateur, il a été décidé par soucis de cohérence du modèle, que la production d'acier et les besoins en matières premières énergétiques pour l'industrie chimique et pétrochimique seraient calculés en fonction de la valeur ajoutée du premier sous-secteur des Industries manufacturières, dans le cas où ce secteur serait divisé en plusieurs sous-secteurs.

### (c.7) Demande d'énergie finale des Industries manufacturières:

(voir feuille de calcul "FIN\_Ind-D" dans MAED\_D.xls)

#### Demande totale d'énergie finale par formes d'énergie

Outre la demande d'énergie finale en combustibles traditionnels (TFMAN), biomasse moderne (MBMAN), systèmes centralisés de production de chaleur (DHMAN), énergie solaire (SSMAN), combustibles fossiles (FFMAN), carburants (MFMAN), coke (COKE) et matières premières énergétiques pour l'industrie chimique et pétrochimique (FEED), calculés auparavant, le modèle détermine la demande totale d'électricité (énergie finale) et la demande totale d'énergie finale du secteur Industries manufacturières:

$$\begin{aligned} \text{ELMAN} &= \text{ELSMAN} + \text{ELHMAN} \\ &= \text{ELSMAN} + \text{USMAN}(4) \\ &\quad * [ \text{PMEL}(4) + \text{PMHP}(4) / \text{HPEMAN} ] / 100 \\ &\quad - [ \text{USMAN}(4) * ( \text{PMCG}(4) / 100 ) ] / \text{HEL RAT} \quad (\text{électricité}) \\ \text{FINMAN} &= \text{MFMAN} + \text{ELMAN} + \text{TFMAN} + \text{MBMAN} + \text{DHMAN} \\ &\quad + \text{SSMAN} + \text{FFMAN} + \text{COKE} + \text{FEED} \quad (\text{énergie finale totale}) \end{aligned}$$

#### Parts des formes d'énergie dans la demande totale d'énergie finale des Industries MANufacturières (%):

$$\begin{aligned} \text{TFMAN.S} &= \text{TFMAN} / \text{FINMAN} * 100 && (\text{combustibles traditionnels}) \\ \text{MBMAN.S} &= \text{MBMAN} / \text{FINMAN} * 100 && (\text{biomasse moderne}) \\ \text{ELMAN.S} &= \text{ELMAN} / \text{FINMAN} * 100 && (\text{électricité}) \\ \text{DHMAN.S} &= \text{DHMAN} / \text{FINMAN} * 100 && (\text{systèmes centralisés}) \\ \text{SSMAN.S} &= \text{SSMAN} / \text{FINMAN} * 100 && (\text{énergie solaire}) \\ \text{FFMAN.S} &= \text{FFMAN} / \text{FINMAN} * 100 && (\text{combustibles fossiles}) \\ \text{MFMAN.S} &= \text{MFMAN} / \text{FINMAN} * 100 && (\text{carburants}) \\ \text{COKEMAN.S} &= \text{COKE} / \text{FINMAN} * 100 && (\text{coke}) \\ \text{FEEDMAN.S} &= \text{FEED} / \text{FINMAN} * 100 && (\text{matières premières énergétiques}) \end{aligned}$$

#### Demande d'énergie finale par valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Industries manufacturières (kWh/MU):

$$\begin{aligned} \text{EI.TF.MAN} &= ( \text{TFMAN} / \text{YMAN} ) / \text{CF1} && (\text{combustibles traditionnels}) \\ \text{EI.MB.MAN} &= ( \text{MBMAN} / \text{YMAN} ) / \text{CF1} && (\text{biomasse moderne}) \\ \text{EI.EL.MAN} &= ( \text{ELMAN} / \text{YMAN} ) / \text{CF1} && (\text{électricité}) \end{aligned}$$

EI.DH.MAN	=	( DHMAN / YMAN ) / CF1	(systèmes centralisés)
EI.SS.MAN	=	( SSMAN / YMAN ) / CF1	(énergie solaire)
EI.FF.MAN	=	( FFMAN / YMAN ) / CF1	(combustibles fossiles)
EI.MF.MAN	=	( MFMAN / YMAN ) / CF1	(carburants)
EI.COKE.MAN	=	( COKE / YMAN ) / CF1	(coke)
EI.FEED.MAN	=	( FEED / YMAN ) / CF1	(matières premières énergétiques)
EI.FIN.MAN	=	( FINMAN / YMAN ) / CF1	(énergie finale totale)

**(d) Demande totale d'énergie finale du secteur agrégé Industrie (IND)**

(voir feuilles de calcul "US\_Ene-D" et "FIN\_Ind-D" dans MAED\_D.xls)

Demande totale d'énergie finale par formes d'énergie :

TFIND	=	TFACM + TFMAN	(combustibles traditionnels)
MBIND	=	MBACM + MBMAN	(biomasse moderne)
<u>ELSIND</u>	=	<u>ELSACM</u> + <u>ELSMAN</u>	(électricité pour les usages spécifiques)
<u>ELHIND</u>	=	<u>ELHACM</u> + <u>ELHMAN</u>	(électricité pour les usages thermiques)
ELIND	=	ELACM + ELMAN	(électricité totale)
	=	<u>ELSIND</u> + <u>ELHIND</u>	
DHIND	=	DHACM + DHMAN	(systèmes centralisés)
SSIND	=	SSACM + SSMAN	(énergie solaire)
FFIND	=	FFACM + FFMAN	(combustibles fossiles)
MFIND	=	MFACM + MFMAN	(carburants)
FININD	=	TFIND + MBIND + ELIND + DHMAN + SSIND + FFIND + MFIND + COKE + FEED	(énergie finale totale)

Parts des formes d'énergie dans la demande totale d'énergie finale de l'Industrie (%):

TFIND.S	=	TFIND / FININD * 100	(combustibles traditionnels)
MBIND.S	=	MBIND / FININD * 100	(biomasse moderne)
ELIND.S	=	ELIND / FININD * 100	(électricité)
DHIND.S	=	DHIND / FININD * 100	(systèmes centralisés)
SSIND.S	=	SSIND / FININD * 100	(énergie solaire)
FFIND.S	=	FFIND / FININD * 100	(combustibles fossiles)

MFIND.S	=	MFIND / FININD * 100	(carburants)
COKEIND.S	=	COKE / FININD * 100	(coke)
FEEDIND.S	=	FEED / FININD * 100	(matières premières énergétiques)

Demande d'énergie finale par unité de valeur ajoutée (intensité énergétique) du secteur Industrie (kWh/MU):

EI.TF.IND	=	TFIND / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(combustibles traditionnels)
EI.MB.IND	=	MBIND / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(biomasse moderne)
EI.EL.IND	=	ELIND / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(électricité)
EI.DH.IND	=	DHIND / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(systèmes centralisés)
EI.SS.IND	=	SSIND / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(énergie solaire)
EI.FF.IND	=	FFIND / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(combustibles fossiles)
EI.MF.IND	=	MFIND / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(carburants)
EI.COKE.IND	=	COKE / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(coke)
EI.FEED.IND	=	FEED / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(matières premières énergétiques)
EI.FIN.IND	=	FININD / ( YAGR + YCON + YMIN + YMAN ) / CF1	(énergie finale totale)

**5.5.2 Secteur Transport**

**(a) Transport de marchandises (FT):**

(voir feuille de calcul "FrTrp-D" dans MAED\_D.xls )

Total tonne-kilomètres (10<sup>9</sup> t-km):

$$\begin{aligned}
 \text{TKFT} &= \text{CKFT} + \sum_{I=1}^{\text{NSAGR}} ( \text{CTKFT}(I) * \text{YAG}(I) ) \\
 &+ \sum_{I=1}^{\text{NSCON}} ( \text{CTKFT}(\text{NSAGR}+I) * \text{YCO}(I) ) \\
 &+ \sum_{I=1}^{\text{NSMIN}} ( \text{CTKFT}(\text{NSAGR}+\text{NSCON}+I) * \text{YMI}(I) ) \\
 &+ \sum_{I=1}^{\text{NSMAN}} ( \text{CTKFT}(\text{NSAGR}+\text{NSCON}+\text{NSMIN}+I) * \text{YMA}(I) ) \\
 &+ \sum_{I=1}^{\text{NSSER}} ( \text{CTKFT}(\text{NSAGR}+\text{NSCON}+\text{NSMIN}+\text{NSMAN}+I) * \text{YSE}(I) ) \\
 &+ \text{CTKFT}(\text{NSAGR}+\text{NSCON}+\text{NSMIN}+\text{NSMAN}+\text{NSSER}+1) * \text{YEN}
 \end{aligned}$$

Répartition par modes de transport (10<sup>9</sup> t-km):

$$\text{TKFTM(I)} = \text{TKFT} * (\text{SFTM(I)} / 100) \quad I = 1, \dots, \text{NMFT}$$

Intensité énergétique en kWh / 100 tonne-kilomètres:

A chaque mode de transport de marchandises, on attribue un code numérique correspondant à la forme d'énergie utilisée et une consommation spécifique d'énergie (intensité énergétique) exprimée dans une unité naturelle choisie par l'utilisateur (p.ex. litres de carburants, kgec de charbon etc.) pour 100 t-km. A chaque forme d'énergie, on attribue un facteur de conversion de l'unité naturelle de l'intensité énergétique au kWh. L'équation suivante convertit l'intensité énergétique du mode « transport de marchandises » I de l'unité naturelle choisie par l'utilisateur par 100 t-km au kWh / 100 t-km, en tenant compte du pouvoir calorifique de l'énergie utilisée pour chaque mode de transport.

$$\text{FTMEI(I)} = \text{EIFTM(I)} * \text{CFFT(FCFT(I))} \quad I = 1, \dots, \text{NMFT}$$

Consommation d'énergie par mode de transport:

$$\begin{aligned} \text{ECFTM(I)} &= \text{TKFTM(I)} * \text{FTMEI(I)} / 100 * \text{CF1} \\ &= \text{TKFT} * (\text{SFTM(I)} / 100) * \text{FTMEI(I)} / 100 * \text{CF1} \quad I = 1, \dots, \text{NMFT} \end{aligned}$$

où: **CF1** est le facteur de conversion du TWh, unité d'énergie interne au modèle, à l'unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

Consommation d'énergie par forme d'énergie:

Somme des consommations des modes de transport de marchandises utilisant l'*électricité*:

$$\begin{aligned} \text{ECFTF(1)} &= \text{TELEFT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCFT}(I)=1)}^{\text{NMFT}} \text{ECFTM(I)} \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport de marchandises utilisant le *charbon*:

$$\begin{aligned} \text{ECFTF(2)} &= \text{TSCFT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCFT}(I)=2)}^{\text{NMFT}} \text{ECFTM(I)} \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport de marchandises utilisant le *gas-oil*:

$$\begin{aligned} \text{ECFTF(3)} &= \text{TDIFT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCFT}(I)=3)}^{\text{NMFT}} \text{ECFTM(I)} \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport de marchandises utilisant l'*essence*:

$$\text{ECFTF(4)} = \text{TGAFT}$$



$$= \sum_{I=1; (FCFT(I)=4)}^{NMFT} ECFTM(I)$$

Somme des consommations des modes de transport de marchandises utilisant le *carburant n°5*:

$$\begin{aligned} ECFTF(5) &= TF5FT \\ &= \sum_{I=1; (FCFT(I)=5)}^{NMFT} ECFTM(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport de marchandises utilisant le *carburant n°6*:

$$\begin{aligned} ECFTF(6) &= TF6FT \\ &= \sum_{I=1; (FCFT(I)=6)}^{NMFT} ECFTM(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport de marchandises utilisant le *carburant n°7*:

$$\begin{aligned} ECFTF(7) &= TF7FT \\ &= \sum_{I=1; (FCFT(I)=7)}^{NMFT} ECFTM(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport de marchandises utilisant le *carburant n°8*:

$$\begin{aligned} ECFTF(8) &= TF8FT \\ &= \sum_{I=1; (FCFT(I)=8)}^{NMFT} ECFTM(I) \end{aligned}$$

ou, de manière générale (consommation d'énergie des modes de transport de marchandises utilisant la forme d'énergie n° J):

$$ECFTF(J) = \sum_{I=1; (FCFT(I)=J)}^{NMFT} ECFTM(I) \quad J = 1, \dots, NTF$$

Demande totale de carburants du sous-secteur Transport de marchandises (formes d'énergie n° 3 à 8):

$$\begin{aligned} TMFFT &= TDIFT + TGAFT + TF5FT + TF6FT + TF7FT + TF8FT \\ &= \sum_{J=3}^{NTF} ECFTF(J) \end{aligned}$$

Demande totale d'énergie finale du sous-secteur Transport de marchandises:

$$\begin{aligned} TENFT &= \sum_{I=1}^{NMFT} ECFTM(I) \\ &= \sum_{J=1}^{NTF} ECFTF(J) \\ &= TELFT + TSCFT + TMFFT \end{aligned}$$

## (b) Transport de passagers

### (b.1) Transport urbain de passagers

(voir feuille de calcul "PassIntra-D" dans MAED\_D.xls)

Demande totale de transport urbain de passagers ( $10^9$  p-km):

$$\begin{aligned} \text{PKU} &= (\text{DU} * 365) * (\text{POLC} / 1000) \\ &= (\text{DU} * 365) * (\text{POPLC} / 100) * (\text{PO} / 1000) \end{aligned}$$

Répartition de la demande par modes de transport pour le transport urbain de passagers ( $10^9$  p-km):

$$\text{PKUTM(I)} = \text{PKU} * (\text{SUTM(I)} / 100) \quad I = 1, \dots, \text{NMUT}$$

Intensité énergétique en kWh / passager-kilomètre:

A chaque mode de transport urbain de passagers, on attribue un code numérique correspondant à la forme d'énergie utilisée et une consommation spécifique d'énergie (intensité énergétique) exprimée dans une unité naturelle choisie par l'utilisateur pour 100 kilomètres. A chaque forme d'énergie on attribue un facteur de conversion de l'unité naturelle de l'intensité énergétique au kWh. L'équation suivante convertit l'intensité énergétique du mode « transport urbain de passagers I » de l'unité naturelle choisie par l'utilisateur par 100 kilomètres au kWh/p-km, en tenant compte du pouvoir calorifique de l'énergie utilisée et du facteur de charge pour chaque mode de transport.

$$\text{UTMEI(I)} = \text{EIUTM(I)} * \text{CFPT(FCUT(I))} / 100 / \text{LFUTM(I)} \quad I = 1, \dots, \text{NMUT}$$

Consommation d'énergie par mode de transport:

$$\text{ECUTM(I)} = \text{PKUTM(I)} * \text{UTMEI(I)} * \text{CF1} \quad I = 1, \dots, \text{NMUT}$$

où: **CF1** est le facteur de conversion du TWh à l'unité d'énergie spécifiée dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

Consommation d'énergie par forme d'énergie:

Somme des consommations des modes de transport urbain de passagers utilisant l'électricité:

$$\begin{aligned} \text{ECUTF(1)} &= \text{TELUT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCUT(I)}=1)}^{\text{NMUT}} \text{ECUTM(I)} \end{aligned}$$

Le charbon ne peut pas être utilisé pour le transport urbain de passagers dans le modèle MAED\_D:

$$\begin{aligned} \text{ECUTF(2)} &= \text{TSCUT} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport urbain de passagers utilisant le gas-oil:

$$\text{ECUTF(3)} = \text{TDIUT}$$

$$= \sum_{I=1; (FCUT(I)=3)}^{NMUT} ECUTM(I)$$

Somme des consommations des modes de transport urbain de passagers utilisant l'essence:

$$\begin{aligned} ECUTF(4) &= TGAUT \\ &= \sum_{I=1; (FCUT(I)=4)}^{NMUT} ECUTM(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport urbain de passagers utilisant le carburant n° 5:

$$\begin{aligned} ECUTF(5) &= TF5UT \\ &= \sum_{I=1; (FCUT(I)=5)}^{NMUT} ECUTM(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport urbain de passagers utilisant le carburant n° 6:

$$\begin{aligned} ECUTF(6) &= TF6UT \\ &= \sum_{I=1; (FCUT(I)=6)}^{NMUT} ECUTM(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport urbain de passagers utilisant le carburant n° 7:

$$\begin{aligned} ECUTF(7) &= TF7UT \\ &= \sum_{I=1; (FCUT(I)=7)}^{NMUT} ECUTM(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport urbain de passagers utilisant le carburant n° 8:

$$\begin{aligned} ECUTF(8) &= TF8UT \\ &= \sum_{I=1; (FCUT(I)=8)}^{NMUT} ECUTM(I) \end{aligned}$$

ou, de manière générale (la consommation d'énergie des modes de transport urbain de passagers utilisant la forme d'énergie no. J):

$$ECUTF(J) = \sum_{I=1; (FCUT(I)=J)}^{NMUT} ECUTM(I) \quad J = 1, \dots, NTF$$

Demande totale de carburants du sous-secteur Transport urbain de passagers (formes d'énergie n° 3 à 8):

$$\begin{aligned} TMFUT &= TDIUT + TGAUT + TF5UT + TF6UT + TF7UT + TF8UT \\ &= \sum_{J=3}^{NTF} ECUTF(J) \end{aligned}$$

Demande totale d'énergie finale du sous-secteur Transport urbain de passagers:

$$\begin{aligned} TENUT &= \sum_{I=1}^{NMUT} ECUTM(I) \\ &= \sum_{J=1}^{NTF} ECUTF(J) \\ &= TELUT + TMFUT \end{aligned}$$

## **(b.2) Transport interurbain de passagers**

(voir feuille de calcul "PassInter-D" dans MAED\_D.xls)

Demande totale de transport interurbain de passagers ( $10^9$  p-km):

$$PKI = PO * DI / 1000$$

Dont:

$$PKIC = (PO / CO) * DIC * LFCIT / 1000 \quad (\text{par voiture})$$

$$PKIP = PKI - PKIC \quad (\text{par mode de transport public})$$

Répartition par type de voiture ( $10^9$  p-km):

$$PKICT(I) = PKIC * (SITC(I) / 100) \quad I=1, \dots, NCTIT$$

Répartition par mode de transport public ( $10^9$  p-km):

$$PKIPM(I) = PKIP * (SITM(I) / 100) \quad I=1, \dots, NMIT - NCTIT$$

Intensité énergétique en kWh / passager-kilomètre:

A chaque mode de transport de passagers interurbain, on attribue un code numérique correspondant à la forme d'énergie utilisée et une consommation spécifique d'énergie (intensité énergétique) exprimée dans une unité naturelle choisie par l'utilisateur pour 100 kilomètres (à l'exception des avions, pour lesquels l'intensité énergétique est exprimée en unité naturelle pour 1000 sièges-kilomètres). A chaque forme d'énergie, on attribue un facteur de conversion de l'unité naturelle de l'intensité énergétique au kWh. L'équation suivante convertit l'intensité énergétique du mode « transport interurbain de passagers I » de l'unité naturelle choisie par l'utilisateur pour 100 kilomètres (ou 1000 sièges-kilomètres, dans le cas des avions) au kWh/p-km, en tenant compte du pouvoir calorifique de l'énergie utilisée et du facteur de charge pour chaque mode de transport.

$$ITMEI(1) = \frac{EITM(1) / 1000 * CFPT(FCIT(1))}{(LFITM(1) / 100)} \quad (\text{avions})$$

$$ITMEI(I) = \frac{EITM(I) / 100 * CFPT(FCIT(I))}{LFITM(I)} \quad I = 2, \dots, NMIT \quad (\text{autres modes})$$

Consommation d'énergie par mode de transport:

$$ECITM(I) = PKITM(I) * ITMEI(I) * CF1 \quad I = 1, \dots, NMIT$$

où: **CF1** est le facteur de conversion du TWh à l'unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

Consommation d'énergie par forme d'énergie:

Somme des consommations des modes de transport interurbain de passagers utilisant l'électricité:

$$\begin{aligned} \text{ECITF}(1) &= \text{TELIT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCIT}(I)=1)}^{\text{NMIT}} \text{ECITM}(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport interurbain de passagers utilisant le charbon:

$$\begin{aligned} \text{ECITF}(2) &= \text{TSCIT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCIT}(I)=2)}^{\text{NMIT}} \text{ECITM}(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport interurbain de passagers utilisant le gas-oil:

$$\begin{aligned} \text{ECITF}(3) &= \text{TDIIT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCIT}(I)=3)}^{\text{NMIT}} \text{ECITM}(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport interurbain de passagers utilisant l'essence:

$$\begin{aligned} \text{ECITF}(4) &= \text{TGAIT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCIT}(I)=4)}^{\text{NMIT}} \text{ECITM}(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport interurbain de passagers utilisant le carburant n° 5:

$$\begin{aligned} \text{ECITF}(5) &= \text{TF5IT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCIT}(I)=5)}^{\text{NMIT}} \text{ECITM}(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport interurbain de passagers utilisant le carburant n° 6:

$$\begin{aligned} \text{ECITF}(6) &= \text{TF6IT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCIT}(I)=6)}^{\text{NMIT}} \text{ECITM}(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport interurbain de passagers utilisant le carburant n° 7:

$$\begin{aligned} \text{ECITF}(7) &= \text{TF7IT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCIT}(I)=7)}^{\text{NMIT}} \text{ECITM}(I) \end{aligned}$$

Somme des consommations des modes de transport interurbain de passagers utilisant le carburant n° 8:

$$\begin{aligned} \text{ECITF}(8) &= \text{TF8IT} \\ &= \sum_{I=1;(\text{FCIT}(I)=8)}^{\text{NMIT}} \text{ECITM}(I) \end{aligned}$$

ou, de manière générale (consommation d'énergie des modes de transport interurbain de passagers utilisant la forme d'énergie n° J):

$$\text{ECITF}(J) = \sum_{I=1;(\text{FCIT}(I)=J)}^{\text{NMIT}} \text{ECITM}(I) \quad J = 1, \dots, \text{NTF}$$

Demande totale de carburants pour le transport interurbain de passagers (formes d'énergie n° 3 à 8):

$$\begin{aligned} \text{TMFIT} &= \text{TDIIT} + \text{TGAIT} + \text{TF5IT} + \text{TF6IT} + \text{TF7IT} + \text{TF8IT} \\ &= \sum_{J=3}^{NTF} \text{ECITF}(J) \end{aligned}$$

Demande totale d'énergie finale du sous-secteur Transport interurbain de passagers:

$$\begin{aligned} \text{TENIT} &= \sum_{I=1}^{NMIT} \text{ECITM}(I) \\ &= \sum_{J=1}^{NTF} \text{ECITF}(J) \\ &= \text{TELIT} + \text{TSCIT} + \text{TMFIT} \end{aligned}$$

### **(b.3) Demande de carburants du sous-secteur Transport international et militaire**

$$\text{TMFMIS} = \text{CMFMIS}(1) + \text{CMFMIS}(2) * Y * \text{CF1}$$

où: **CF1** est le facteur de conversion du TWh à l'unité d'énergie spécifiée dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

### **(b.4) Demande totale d'énergie du sous-secteur Transport de passagers (y compris le Transport international et militaire)**

TELPT	=	TELUT + TELIT	(électricité)
TSCPT	=	TSCIT	(charbon)
TMFPT	=	TMFUT + TMFIT + TMFMIS	(carburants)
TENPT	=	TELPT + TSCPT + TMFPT	(énergie finale totale)

### **(c) Demande totale d'énergie pour le secteur Transport** (voir feuille de calcul "FIN\_Trp-D" dans MAED\_D.xls)

Demande d'énergie finale par forme d'énergie:

ECTRF(1)	=	TELTR	
	=	TELFT + TELUT + TELIT	
	=	TELFT + TELPT	(électricité)
ECTRF(2)	=	TSCTR	
	=	TSCFT + TSCIT	
	=	TSCFT + TSCPT	(charbon)

**Remarque:** On ne peut pas utiliser le charbon pour le transport urbain de passagers dans le modèle MAED\_D.

$$\begin{aligned}
\text{ECTRF}(3) &= \text{TDITR} \\
&= \text{TDIFT} + \text{TDIUT} + \text{TDIIT} && \text{(gas-oil)} \\
\text{ECTRF}(4) &= \text{TGATR} \\
&= \text{TGAFT} + \text{TGAUT} + \text{TGAIT} && \text{(essence)} \\
\text{ECTRF}(5) &= \text{TF5TR} \\
&= \text{TF5FT} + \text{TF5UT} + \text{TF5IT} && \text{(carburant n° 5)} \\
\text{ECTRF}(6) &= \text{TF6TR} \\
&= \text{TF6FT} + \text{TF6UT} + \text{TF6IT} && \text{(carburant n° 6)} \\
\text{ECTRF}(7) &= \text{TF7TR} \\
&= \text{TF7FT} + \text{TF7UT} + \text{TF7IT} && \text{(carburant n° 7)} \\
\text{ECTRF}(8) &= \text{TF8TR} \\
&= \text{TF8FT} + \text{TF8UT} + \text{TF8IT} && \text{(carburant n° 8)}
\end{aligned}$$

ou, de manière générale:

$$\text{ECTRF}(J) = \text{ECFTF}(J) + \text{ECUTF}(J) + \text{ECITF}(J) \quad J=1, \dots, \text{NTF}$$

et

Carburants pour le transport international et militaire:

$$\text{ECTRF}(\text{NTF}+1) = \text{TMFMIS}$$

#### Demande totale d'énergie finale du secteur Transport:

$$\text{FINTR} = \sum_{J=1}^{\text{NTF}+1} \text{ECTRF}(J)$$

#### Parts des formes d'énergie dans la demande totale d'énergie finale du secteur Transport (%):

$$\text{ECTRF.S}(J) = \text{ECTRF}(J) / \text{FINTR} * 100 \quad J=1, \dots, \text{NTF}+1$$

#### Demande d'énergie finale par groupes de formes d'énergie:

Les demandes d'électricité (TELTR) et de charbon (TSCTR) considérées sont celles calculées précédemment, tandis que la demande totale de carburants est donnée par:

$$\text{TMFTR} = \sum_{J=3}^{\text{NTF}+1} \text{ECTRF}(J)$$

#### Parts des groupes de formes d'énergie dans la demande totale d'énergie finale du secteur Transport (%):

$$\begin{aligned}
\text{TELTR.S} &= \text{TELTR} / \text{FINTR} * 100 && \text{(électricité)} \\
\text{TSCTR.S} &= \text{TSCTR} / \text{FINTR} * 100 && \text{(charbon)} \\
\text{TMFTR.S} &= \text{TMFTR} / \text{FINTR} * 100 && \text{(carburants)}
\end{aligned}$$

Parts des sous-secteurs dans la demande totale d'énergie finale du secteur Transport (%):

TENFT.S	=	TENFT / FINTR * 100	(marchandises)
TENUT.S	=	TENUT / FINTR * 100	(transport urbain de passagers)
TENIT.S	=	TENIT / FINTR * 100	(transport interurbain de passagers)
TMFMIS.S	=	TMFMIS / FINTR * 100	(transport international et militaire)

### 5.5.3 Secteur Ménages

#### (a) Ménages urbains

##### (a.1) Nombre total de logements/ménages urbains (10<sup>6</sup>)

On suppose que le nombre de logements urbains est égal au nombre de ménages urbains calculé dans le Chapitre 5.3 (Calculs démographiques).

$$\begin{aligned} TUDW &= UHH \\ &= PO * (PURB / 100) / CAPUH \end{aligned}$$

##### (a.2) Demande d'énergie utile pour différentes catégories d'usages finaux

(voir Tableau 14.4 dans la feuille de calcul "US\_HH\_Ur-D" de MAED\_D.xls)

#### Chauffage (SH):

$$\begin{aligned} \underline{SHUHT(I)} &= TUDW * (UDWSH / 100) \\ &* \{ (UDW(I) / 100) * UDWS(I) * (UAREAH(I) / 100) * UK(I) \} \\ &* UDD * 24 / 1000000 * CF1 && I=1, \dots, NUDT \\ &&& \text{(logement urbain} \\ &&& \text{de type I)} \\ SHUH &= \sum_{I=1}^{NUDT} \underline{SHUHT(I)} && \text{(total des logements} \\ &&& \text{urbains)} \end{aligned}$$

#### Eau chaude sanitaire (HW):

$$HWUH = TUDW * CAPUH * (UDWHW / 100) * UHWCAP * (CF1 / 1000)$$

#### Cuisson (CK):

$$CKUH = TUDW * CKUDW * (CF1 / 1000)$$

#### Climatisation (AC):

$$\begin{aligned} \underline{ACUHT(I)} &= TUDW * \{ (UDW(I) / 100) * (UDWAC(I) / 100) * UACDW(I) \} \\ &* (CF1 / 1000) && I=1, \dots, NUDT \\ &&& \text{(logement urbain} \\ &&& \text{de type I)} \\ ACUH &= \sum_{I=1}^{NUDT} \underline{ACUHT(I)} && \text{(total des logements} \\ &&& \text{urbains)} \end{aligned}$$



Usages spécifiques de l'électricité (éclairage et appareils domestiques) - énergie finale (AP):

$$ELAPUH = TUDW * (ELPU / 100) * ELAPUDW * (CF1 / 1000)$$

Combustibles fossiles pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques dans les logements non-électrifiés - énergie finale (LT):

$$FFLTUH = TUDW * (1 - ELPU / 100) * FFLTUDW * (CF1 / 1000)$$

Sous-total, Ménages urbains:

$$USUH = SHUH + HWUH + CKUH + ACUH + ELAPUH + FFLTUH$$

Dans les équations précédentes, **CF1** est le facteur de conversion du TWh à l'unité d'énergie spécifiée dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

**(a.3) Conversion de la demande d'énergie utile en demande d'énergie finale des ménages urbains**

(voir Tableaux 16.1 à 16.6 dans la feuille de calcul "FIN\_HH-D" de MAED\_D.xls)

Chauffage (SH):

$$TF.UH.SH = SHUH * (TFP.UH.SH / 100) / (TFE.UH.SH / 100) \quad \text{(combustibles traditionnels)}$$

$$MB.UH.SH = SHUH * (MBP.UH.SH / 100) / (MBE.UH.SH / 100) \quad \text{(biomasse moderne)}$$

$$EL.UH.SH = SHUH * (ELP.UH.SH / 100) * (1 - (HPP.UH.SH / 100)) * (1 - 1 / HPE.UH.SH) \quad \text{(électricité)}$$

$$DH.UH.SH = SHUH * (DHP.UH.SH / 100) \quad \text{(systèmes centralisés)}$$

$$SS.UH.SH = SHUH * (SSP.UH.SH / 100) * (FDS.UH.SH / 100) \quad \text{(énergie solaire)}$$

$$FF.UH.SH = SHUH * \{ (FFP.UH.SH / 100) + (SSP.UH.SH / 100) * (1 - FDS.UH.SH / 100) \} / (FFE.UH.SH / 100) \quad \text{(combustibles fossiles)}$$

$$FIN.UH.SH = TF.UH.SH + MB.UH.SH + EL.UH.SH + DH.UH.SH + SS.UH.SH + FF.UH.SH \quad \text{(total)}$$

Eau chaude sanitaire (HW):

$$TF.UH.HW = HWUH * (TFP.UH.HW / 100) / (TFE.UH.HW / 100) \quad \text{(combustibles traditionnels)}$$

$$\begin{aligned}
\text{MB.UH.HW} &= \text{HWUH} * ( \text{MBP.UH.HW} / 100 ) \\
&\quad / ( \text{MBE.UH.HW} / 100 ) && \text{(biomasse moderne)} \\
\text{EL.UH.HW} &= \text{HWUH} * ( \text{ELP.UH.HW} / 100 ) \\
&\quad * ( 1 - ( \text{HPP.UH.HW} / 100 ) ) \\
&\quad * ( 1 - 1 / \text{HPE.UH.HW} ) && \text{(électricité)} \\
\text{DH.UH.HW} &= \text{HWUH} * ( \text{DHP.UH.HW} / 100 ) && \text{(systèmes centralisés)} \\
\text{SS.UH.HW} &= \text{HWUH} * ( \text{SSP.UH.HW} / 100 ) \\
&\quad * ( \text{FDS.UH.HW} / 100 ) && \text{(énergie solaire)} \\
\text{FF.UH.HW} &= \text{HWUH} * \{ ( \text{FFP.UH.HW} / 100 ) \\
&\quad + ( \text{SSP.UH.HW} / 100 ) * ( 1 - \text{FDS.UH.HW} / 100 ) \} \\
&\quad / ( \text{FFE.UH.HW} / 100 ) && \text{(combustibles fossiles)} \\
\text{FIN.UH.HW} &= \text{TF.UH.HW} + \text{MB.UH.HW} + \text{EL.UH.HW} \\
&\quad + \text{DH.UH.HW} + \text{SS.UH.HW} + \text{FF.UH.HW} && \text{(total)}
\end{aligned}$$

Cuisson (CK):

$$\begin{aligned}
\text{TF.UH.CK} &= \text{CKUH} * ( \text{TFP.UH.CK} / 100 ) \\
&\quad / ( \text{TFE.UH.CK} / 100 ) && \text{(combustibles traditionnels)} \\
\text{MB.UH.CK} &= \text{CKUH} * ( \text{MBP.UH.CK} / 100 ) \\
&\quad / ( \text{MBE.UH.CK} / 100 ) && \text{(biomasse moderne)} \\
\text{EL.UH.CK} &= \text{CKUH} * ( \text{ELP.UH.CK} / 100 ) && \text{(électricité)} \\
\text{SS.UH.CK} &= \text{CKUH} * ( \text{SSP.UH.CK} / 100 ) \\
&\quad * ( \text{FDS.UH.CK} / 100 ) && \text{(énergie solaire)} \\
\text{FF.UH.CK} &= \text{CKUH} * \{ ( \text{FFP.UH.CK} / 100 ) \\
&\quad + ( \text{SSP.UH.CK} / 100 ) * ( 1 - \text{FDS.UH.CK} / 100 ) \} \\
&\quad / ( \text{FFE.UH.CK} / 100 ) && \text{(combustibles fossiles)} \\
\text{FIN.UH.CK} &= \text{TF.UH.CK} + \text{MB.UH.CK} + \text{EL.UH.CK} \\
&\quad + \text{SS.UH.CK} + \text{FF.UH.CK} && \text{(total)}
\end{aligned}$$

Climatisation (AC):

$$\begin{aligned}
\text{EL.UH.AC} &= \text{ACUH} * ( \text{ELP.UH.AC} / 100 ) / \text{ELE.UH.AC} && \text{(électricité)} \\
\text{FF.UH.AC} &= \text{ACUH} * ( \text{FFP.UH.AC} / 100 ) / \text{FFE.UH.AC} && \text{(combustibles fossiles)} \\
\text{FIN.UH.AC} &= \text{EL.UH.AC} + \text{FF.UH.AC} && \text{(total)}
\end{aligned}$$

Eclairage et appareils domestiques (AP):

$$\begin{aligned}
\text{EL.UH.AP} &= \text{ELAPUH} && \text{(électricité)} \\
\text{FF.UH.AP} &= \text{FFLTUH} && \text{(combustibles fossiles)} \\
\text{FIN.UH.AP} &= \text{EL.UH.AP} + \text{FF.UH.LT} && \text{(total)}
\end{aligned}$$

#### (a.4) Demande totale d'énergie finale des Ménages urbains

TFUH	=	TF.UH.SH + TF.UH.HW + TF.UH.CK	(combustibles traditionnels)
MBUH	=	MB.UH.SH + MB.UH.HW + MB.UH.CK	(biomasse moderne)
ELUH	=	EL.UH.SH + EL.UH.HW + EL.UH.CK + EL.UH.AC + ELAPUH	(électricité)
DHUH	=	DH.UH.SH + DH.UH.HW	(systèmes centralisés)
SSUH	=	SS.UH.SH + SS.UH.HW + SS.UH.CK	(énergie solaire)
FFUH	=	FF.UH.SH + FF.UH.HW + FF.UH.CK + FF.UH.AC + FFLTUH	(combustibles fossiles)
FINUH	=	TFUH + MBUH + ELUH + DHUH + SSUH + FFUH	(énergie finale totale)

#### (b) Ménages ruraux

##### (b.1) Nombre total de logements/ménages ruraux ( $10^6$ )

On suppose que le nombre de logements ruraux est égal au nombre de ménages ruraux calculé dans le Chapitre 5.3 (Calculs démographiques).

$$\begin{aligned} \text{TRDW} &= \text{RHH} \\ &= \text{PO} * (\text{PRUR} / 100) / \text{CAPRH} \end{aligned}$$

##### (b.2) Demande d'énergie utile pour différentes catégories d'usages finaux

(voir Tableau 15.4 dans la feuille de calcul "US\_HH\_Rr-D" de MAED\_D.xls)

##### Chauffage (SH):

$$\begin{aligned} \text{SHRHT(I)} &= \text{TRDW} * (\text{RDWSH} / 100) \\ &* \{ (\text{RDW(I)} / 100) * \text{RDWS(I)} * (\text{RAREAH(I)} / 100) * \text{RK(I)} \} \\ &* \text{RDD} * 24 / 1000000 * \text{CF1} \end{aligned}$$

I=1,.....,NRDT  
(logement rural de type I)

$$\text{SHRH} = \sum_{I=1}^{\text{NRDT}} \text{SHRHT(I)}$$

(total des logements ruraux)

##### Eau chaude sanitaire (HW):

$$\text{HWRH} = \text{TRDW} * \text{CAPRH} * (\text{RDWHW} / 100) * \text{RHWCAP} * (\text{CF1} / 1000)$$

##### Cuisson (CK):

$$\text{CKRH} = \text{TRDW} * \text{CKRDW} * (\text{CF1} / 1000)$$

Climatisation (AC):

$$\text{ACRHT(I)} = \text{TRDW} * \{ (\text{RDW(I)} / 100) * (\text{RDWAC(I)} / 100) * \text{RACDW(I)} \} \\ * (\text{CF1} / 1000) \quad \text{I=1, \dots, NRDT} \\ \text{(logement rural} \\ \text{de type I)}$$

$$\text{ACRH} = \sum_{I=1}^{\text{NRDT}} \text{ACRHT(I)} \quad \text{(total des logements} \\ \text{ruraux)}$$

Usages spécifiques de l'électricité (éclairage et appareils domestiques) - énergie finale (AP):

$$\text{ELAPRH} = \text{TRDW} * (\text{ELPR} / 100) * \text{ELAPRDW} * (\text{CF1} / 1000)$$

Combustibles fossiles pour l'éclairage et les appareils domestiques non-électriques dans les logements non-électrifiés - énergie finale (LT):

$$\text{FFLTRH} = \text{TRDW} * (1 - \text{ELPR} / 100) * \text{FFLTRDW} * (\text{CF1} / 1000)$$

Sous-total, Ménages ruraux:

$$\text{USRH} = \text{SHRH} + \text{HWRH} + \text{CKRH} + \text{ACRH} + \text{ELAPRH} + \text{FFLTRH}$$

Dans les équations précédentes, **CF1** est le facteur de conversion du TWh à l'unité d'énergie spécifiée dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

**(b.3) Conversion de la demande d'énergie utile en demande d'énergie finale des ménages ruraux**  
(voir Tableaux 16.7 à 16.12 dans la feuille de calcul "FIN\_HH-D" de MAED\_D.xls)

Chauffage (SH):

$$\text{TF.RH.SH} = \text{SHRH} * (\text{TFP.RH.SH} / 100) \\ / (\text{TFE.RH.SH} / 100) \quad \text{(combustibles} \\ \text{traditionnels)}$$
$$\text{MB.RH.SH} = \text{SHRH} * (\text{MBP.RH.SH} / 100) \\ / (\text{MBE.RH.SH} / 100) \quad \text{(biomasse moderne)}$$
$$\text{EL.RH.SH} = \text{SHRH} * (\text{ELP.RH.SH} / 100) \\ * (1 - (\text{HPP.RH.SH} / 100)) * (1 - 1 / \text{HPE.RH.SH}) \quad \text{(électricité)}$$
$$\text{DH.RH.SH} = \text{SHRH} * (\text{DHP.RH.SH} / 100) \quad \text{(systèmes centralisés)}$$
$$\text{SS.RH.SH} = \text{SHRH} * (\text{SSP.RH.SH} / 100) \\ * (\text{FDS.RH.SH} / 100) \quad \text{(énergie solaire)}$$
$$\text{FF.RH.SH} = \text{SHRH} * \{ (\text{FFP.RH.SH} / 100) + (\text{SSP.RH.SH} / 100) \\ * (1 - \text{FDS.RH.SH} / 100) \} / (\text{FFE.RH.SH} / 100) \quad \text{(combustibles fossiles)}$$
$$\text{FIN.RH.SH} = \text{TF.RH.SH} + \text{MB.RH.SH} + \text{EL.RH.SH} + \text{DH.RH.SH} \\ + \text{SS.RH.SH} + \text{FF.RH.SH} \quad \text{(total)}$$

### Eau chaude sanitaire (HW):

$$\begin{aligned} \text{TF.RH.HW} &= \text{HWRH} * ( \text{TFP.RH.HW} / 100 ) \\ &\quad / ( \text{TFE.RH.HW} / 100 ) && \text{(combustibles} \\ &&& \text{traditionnels)} \\ \\ \text{MB.RH.HW} &= \text{HWRH} * ( \text{MBP.RH.HW} / 100 ) \\ &\quad / ( \text{MBE.RH.HW} / 100 ) && \text{(biomasse moderne)} \\ \\ \text{EL.RH.HW} &= \text{HWRH} * ( \text{ELP.RH.HW} / 100 ) \\ &\quad * ( 1 - ( \text{HPP.RH.HW} / 100 ) ) \\ &\quad * ( 1 - 1 / \text{HPE.RH.HW} ) && \text{(électricité)} \\ \\ \text{DH.RH.HW} &= \text{HWRH} * ( \text{DHP.RH.HW} / 100 ) && \text{(systèmes centralisés)} \\ \\ \text{SS.RH.HW} &= \text{HWRH} * ( \text{SSP.RH.HW} / 100 ) \\ &\quad * ( \text{FDS.RH.HW} / 100 ) && \text{(énergie solaire)} \\ \\ \text{FF.RH.HW} &= \text{HWRH} * \{ ( \text{FFP.RH.HW} / 100 ) + ( \text{SSP.RH.HW} / 100 ) \\ &\quad * ( 1 - \text{FDS.RH.HW} / 100 ) \} / ( \text{FFE.RH.HW} / 100 ) && \text{(combustibles fossiles)} \\ \\ \text{FIN.RH.HW} &= \text{TF.RH.HW} + \text{MB.RH.HW} + \text{EL.RH.HW} \\ &\quad + \text{DH.RH.HW} + \text{SS.RH.HW} + \text{FF.RH.HW} && \text{(total)} \end{aligned}$$

### Cuisson (CK):

$$\begin{aligned} \text{TF.RH.CK} &= \text{CKUH} * ( \text{TFP.RH.CK} / 100 ) / ( \text{TFE.RH.CK} / 100 ) && \text{(combustibles} \\ &&& \text{traditionnels)} \\ \\ \text{MB.RH.CK} &= \text{CKUH} * ( \text{MBP.RH.CK} / 100 ) \\ &\quad / ( \text{MBE.RH.CK} / 100 ) && \text{(biomasse moderne)} \\ \\ \text{EL.RH.CK} &= \text{CKUH} * ( \text{ELP.RH.CK} / 100 ) && \text{(électricité)} \\ \\ \text{SS.RH.CK} &= \text{CKUH} * ( \text{SSP.RH.CK} / 100 ) \\ &\quad * ( \text{FDS.RH.CK} / 100 ) && \text{(énergie solaire)} \\ \\ \text{FF.RH.CK} &= \text{CKUH} * \{ ( \text{FFP.RH.CK} / 100 ) + ( \text{SSP.RH.CK} / 100 ) \\ &\quad * ( 1 - \text{FDS.RH.CK} / 100 ) \} / ( \text{FFE.RH.CK} / 100 ) && \text{(combustibles fossiles)} \\ \\ \text{FIN.RH.CK} &= \text{TF.RH.CK} + \text{MB.RH.CK} + \text{EL.RH.CK} \\ &\quad + \text{SS.RH.CK} + \text{FF.RH.CK} && \text{(total)} \end{aligned}$$

### Climatisation (AC):

$$\begin{aligned} \text{EL.RH.AC} &= \text{ACRH} * ( \text{ELP.RH.AC} / 100 ) / \text{ELE.RH.AC} && \text{(électricité)} \\ \\ \text{FF.RH.AC} &= \text{ACRH} * ( \text{FFP.RH.AC} / 100 ) / \text{FFE.RH.AC} && \text{(combustibles fossiles)} \\ \\ \text{FIN.RH.AC} &= \text{EL.RH.AC} + \text{FF.RH.AC} && \text{(total)} \end{aligned}$$

### Eclairage et appareils domestiques (AP):

$$\begin{aligned} \text{EL.RH.AP} &= \text{ELAPRH} && \text{(électricité)} \\ \\ \text{FF.RH.AP} &= \text{FFLTRH} && \text{(combustibles fossiles)} \\ \\ \text{FIN.RH.AP} &= \text{EL.RH.AP} + \text{FF.RH.LT} && \text{(total)} \end{aligned}$$

**(b.4) Demande totale d'énergie finale des Ménages ruraux**

TFRH	=	TF.RH.SH + TF.RH.HW + TF.RH.CK	(combustibles traditionnels)
MBRH	=	MB.RH.SH + MB.RH.HW + MB.RH.CK	(biomasse moderne)
ELRH	=	EL.RH.SH + EL.RH.HW + EL.RH.CK + EL.RH.AC + ELAPRH	(électricité)
DHRH	=	DH.RH.SH + DH.RH.HW	(systèmes centralisés)
SSRH	=	SS.RH.SH + SS.RH.HW + SS.RH.CK	(énergie solaire)
FFRH	=	FF.RH.SH + FF.RH.HW + FF.RH.CK + FF.RH.AC + FFLTRH	(combustibles fossiles)
FINRH	=	TFRH + MBRH + ELRH + DHRH + SSRH + FFRH	(énergie finale totale)

**(c) Demande d'énergie finale du secteur Ménages (urbains + ruraux)**

(voir Tableaux 16.13 à 16.18 dans la feuille de calcul "FIN\_HH-D" de MAED\_D.xls)

Chauffage (SH):

TF.HH.SH	=	TF.UH.SH + TF.RH.SH	(combustibles traditionnels)
MB.HH.SH	=	MB.UH.SH + MB.RH.SH	(biomasse moderne)
EL.HH.SH	=	EL.UH.SH + EL.RH.SH	(électricité)
DH.HH.SH	=	DH.UH.SH + DH.RH.SH	(systèmes centralisés)
SS.HH.SH	=	SS.UH.SH + SS.RH.SH	(énergie solaire)
FF.HH.SH	=	FF.UH.SH + FF.RH.SH	(combustibles fossiles)
FIN.HH.SH	=	TF.HH.SH + MB.HH.SH + EL.HH.SH + DH.HH.SH + SS.HH.SH + FF.HH.SH = FIN.UH.SH + FIN.RH.SH	(total)

Eau chaude sanitaire (HW):

TF.HH.HW	=	TF.UH.HW + TF.RH.HW	(combustibles traditionnels)
MB.HH.HW	=	MB.UH.HW + MB.RH.HW	(biomasse moderne)
EL.HH.HW	=	EL.UH.HW + EL.RH.HW	(électricité)
DH.HH.HW	=	DH.UH.HW + DH.RH.HW	(systèmes centralisés)
SS.HH.HW	=	SS.UH.HW + SS.RH.HW	(énergie solaire)
FF.HH.HW	=	FF.UH.HW + FF.RH.HW	(combustibles fossiles)
FIN.HH.HW	=	TF.HH.HW + MB.HH.HW + EL.HH.HW + DH.HH.HW + SS.HH.HW + FF.HH.HW = FIN.UH.HW + FIN.RH.HW	(total)

Cuisson (CK):

TF.HH.CK	=	TF.UH.CK + TF.RH.CK	(combustibles traditionnels)
----------	---	---------------------	------------------------------

MB.HH.CK	=	MB.UH.CK + MB.RH.CK	(biomasse moderne)
EL.HH.CK	=	EL.UH.CK + EL.RH.CK	(électricité)
SS.HH.CK	=	SS.UH.CK + SS.RH.CK	(énergie solaire)
FF.HH.CK	=	FF.UH.CK + FF.RH.CK	(combustibles fossiles)
FIN.HH.CK	=	TF.HH.CK + MB.HH.CK + EL.HH.CK + SS.HH.CK + FF.HH.CK	
	=	FIN.UH.CK + FIN.RH.CK	(total)

Climatisation (AC):

EL.HH.AC	=	EL.UH.AC + EL.RH.AC	(électricité)
FF.HH.AC	=	FF.UH.AC + FF.RH.AC	(combustibles fossiles)
FIN.HH.AC	=	EL.HH.AC + FF.HH.AC	
	=	FIN.UH.AC + FIN.RH.AC	(total)

Eclairage et appareils domestiques (AP):

EL.HH.AP	=	EL.UH.AP + EL.RH.AP	(électricité)
FF.HH.AP	=	FF.UH.LT + FF.RH.LT	(combustibles fossiles)
FIN.HH.AP	=	EL.HH.AP + EL.HH.AP	
	=	FIN.UH.AP + FIN.RH.AP	(total)

Demande totale d'énergie finale du secteur Ménages:

TFHH	=	TF.HH.SH + TF.HH.HW + TF.HH.CK	
	=	TFUH + TFRH	(combustibles traditionnels)
MBHH	=	MB.HH.SH + MB.HH.HW + MB.HH.CK	
	=	MBUH + MBRH	(biomasse moderne)
ELHH	=	EL.HH.SH + EL.HH.HW + EL.HH.CK + EL.HH.AC + ELAPHH	
	=	ELUH + ELRH	(électricité)
DHHH	=	DH.HH.SH + DH.HH.HW	
	=	DHUU+ DHRH	(systèmes centralisés)
SSHH	=	SS.HH.SH + SS.HH.HW + SS.HH.CK	
	=	SSUH + SSRH	(énergie solaire)
FFHH	=	FF.HH.SH + FF.HH.HW + FF.HH.CK + FF.HH.AC + FFLTHH	
	=	FFUH + FFRH	(combustibles fossiles)
FINHH	=	TFHH + MBHH + ELHH + DHHH + SSHH + FFHH	
	=	FINUH + FINRH	(énergie finale totale)

### 5.5.4 Secteur Services

**(a) Main d'œuvre (10<sup>6</sup>) et superficie occupée par le secteur Services (10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>)**  
(voir Tableau 17-1 dans la feuille de calcul "US\_SS-D" de MAED\_D.xls)

$$\text{LSER} = \text{ALF} * (\text{PLSER} / 100) \quad (\text{main d'œuvre})$$

$$\text{TAREA} = \text{LSER} * \text{AREAL} \quad (\text{surface})$$

**(b) Demande d'énergie utile pour différentes catégories d'usage final**

(voir Tableaux 17-3 et 17-7 à 17-10 dans la feuille de calcul "US\_SS-D" de MAED\_D.xls)

Chauffage (SH):

$$\text{TARSH} = \text{TAREA} * (\text{ARSH} / 100) * (\text{AREAH} / 100) \quad (\text{surface pour laquelle le chauffage est nécessaire})$$

$$\text{US.SH.SER} = \text{TARSH} * \text{SSHR} * (\text{CF1} / 1000)$$

Climatisation (AC):

$$\text{US.AC.SER} = \text{TAREA} * (\text{AREAAC} / 100) * \text{SACR} * (\text{CF1} / 1000)$$

Carburants (MF):

$$\text{US.MF.SE(I)} = \text{EL.MF.SE(I)} * \text{YSE(I)} * \text{CF1} \quad \begin{array}{l} I=1, \dots, \text{NSSER} \\ (\text{sous-secteur I}) \end{array}$$

$$\text{MFSER} = \text{US.MF.SER}$$

$$= \sum_{I=1}^{\text{NSSER}} \text{US.MF.SE(I)}$$

$$= \sum_{I=1}^{\text{NSSER}} (\text{EL.MF.SE(I)} * \text{YSE(I)}) * \text{CF1} \quad (\text{ensemble du secteur})$$

Electricité pour usages spécifiques (ELS):

$$\text{US.ELS.SE(I)} = \text{EL.ELS.SE(I)} * \text{YSE(I)} * \text{CF1} \quad \begin{array}{l} I=1, \dots, \text{NSSER} \\ (\text{sous-secteur I}) \end{array}$$

$$\text{ELSSER} = \text{US.ELS.SER}$$

$$= \sum_{I=1}^{\text{NSSER}} \text{US.ELS.SE(I)}$$

$$= \sum_{I=1}^{\text{NSSER}} (\text{EL.ELS.SE(I)} * \text{YSE(I)}) * \text{CF1} \quad (\text{ensemble du secteur})$$



Autres usages thermiques (OTU):

$$US.OTU.SE(I) = \mathbf{EI.OTU.SE(I)} * YSE(I) * \mathbf{CF1} \quad I=1, \dots, \mathbf{NSSER} \\ \text{(sous-secteur I)}$$

$$US.OTU.SER = \sum_{I=1}^{\mathbf{NSSER}} US.OTU.SE(I) \\ = \sum_{I=1}^{\mathbf{NSSER}} (\mathbf{EI.OTU.SE(I)} * YSE(I)) * \mathbf{CF1} \quad \text{(ensemble du secteur)}$$

Demande totale d'énergie utile:

$$US.SER = US.SH.SER + US.AC.SER + MFSER + ELSSER + US.OTU.SER$$

Dans les équations précédentes, **CF1** est le facteur de conversion du TWh à l'unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

**(c) Conversion de la demande d'énergie thermique utile en demande d'énergie finale**

Chauffage et autres usages thermiques (TU):

$$TF.SER.TU = \{ US.SH.SER * (\mathbf{TFP.SER.SH} / 100) \\ + US.OTU.SER * (\mathbf{TFP.SER.OUT} / 100) \} \\ / (\mathbf{TFE.SER.TU} / 100) \quad \text{(combustibles traditionnels)}$$
$$MB.SER.TU = \{ US.SH.SER * (\mathbf{MBP.SER.SH} / 100) \\ + US.OTU.SER * (\mathbf{MBP.SER.OUT} / 100) \} \\ / (\mathbf{MBE.SER.TU} / 100) \quad \text{(biomasse moderne)}$$
$$EL.SER.TU = US.SH.SER * (\mathbf{ELP.SER.SH} / 100) \\ * \{ 1 - (\mathbf{HHP.SER.SH} / 100) * (1 - (1 / \mathbf{HPE.SER.SH})) \} \\ + US.OTU.SER * (\mathbf{ELP.SER.OTU} / 100) \quad \text{(électricité)}$$
$$DH.SER.TU = US.SH.SER * (\mathbf{DHP.SER.SH} / 100) \\ + US.OTU.SER * (\mathbf{DHP.SER.OUT} / 100) \quad \text{(systèmes centralisés)}$$
$$SS.SER.TU = \{ US.SH.SER * (\mathbf{SSP.SER.SH} / 100) \\ + US.OTU.SER * (\mathbf{SSP.SER.OUT} / 100) \} \\ * (\mathbf{FDS.SER.TU} / 100) * (\mathbf{PLB} / 100) \quad \text{(énergie solaire)}$$
$$FF.SER.TU = US.SH.SER * \{ (\mathbf{FFP.SER.SH} / 100) \\ + (\mathbf{SSP.SER.SH} / 100) * (1 - (\mathbf{FDS.SER.TU} / 100)) * (\mathbf{PLB} / 100) \} \\ / (\mathbf{FFE.SER.TU} / 100) \\ + US.OTU.SER * \{ (\mathbf{FFP.SER.OTU} / 100) \\ + (\mathbf{SSP.SER.OTU} / 100) * (1 - (\mathbf{FDS.SER.TU} / 100)) * (\mathbf{PLB} / 100) \} \\ / (\mathbf{FFE.SER.TU} / 100) \quad \text{(combustibles fossiles)}$$

$$\text{FIN.SER.TU} = \text{TF.SER.TU} + \text{MB.SER.TU} + \text{EL.SER.TU} \\ + \text{DH.SER.TU} + \text{SS.SER.TU} + \text{FF.SER.TU} \quad (\text{total})$$

Climatisation (AC):

$$\text{EL.SER.AC} = \text{US.AC.SER} * ( \text{ELP.SER.AC} / 100 ) \\ / \text{ELE.SER.AC} \quad (\text{électricité})$$

$$\text{FF.SER.AC} = \text{US.AC.SER} * ( \text{FFP.SER.AC} / 100 ) \\ / \text{FFE.SER.AC} \quad (\text{combustibles fossiles})$$

$$\text{FIN.SER.AC} = \text{EL.SER.AC} + \text{FF.SER.AC} \quad (\text{total})$$

**(d) Demande totale d'énergie finale du secteur Services**

$$\text{TFSER} = \text{TF.SER.TU} \quad (\text{combustibles traditionnels})$$

$$\text{MBSER} = \text{MB.SER.TU} \quad (\text{biomasse moderne})$$

$$\text{ELSER} = \text{ELSSER} + \text{EL.SER.TU} + \text{EL.SER.AC} \quad (\text{électricité})$$

$$\text{DHSER} = \text{DH.SER.TU} \quad (\text{systèmes centralisés})$$

$$\text{SSSER} = \text{SS.SER.TU} \quad (\text{énergie solaire})$$

$$\text{FFSER} = \text{FF.SER.TU} + \text{FF.SER.AC} \quad (\text{combustibles fossiles})$$

$$\text{FINSER} = \text{MFSER} + \text{TFSER} + \text{MBSER} + \text{ELSER} \\ + \text{DHSER} + \text{SSSER} + \text{FFSER} \quad (\text{total})$$

**5.5.5 Demande totale d'énergie finale du pays**

Une fois les calculs de demande d'énergie finale de l'ensemble des secteurs achevés, le logiciel totalise les demandes sectorielles. Les résultats de ces calculs, exprimés dans l'unité d'énergie spécifiée dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs", sont présentés dans la feuille de calcul "Final-D" de MAED\_D.xls.

Demande totale d'énergie finale par formes d'énergie:

$$\text{TF} = \text{TFIND} + \text{TFHH} + \text{TFSER} \quad (\text{combustibles traditionnels})$$

$$\text{MB} = \text{MBIND} + \text{MBHH} + \text{MBSER} \quad (\text{biomasse moderne})$$

$$\text{ELTU} = \text{ELHIND} + \text{EL.HH.SH} + \text{EL.HH.HW} \\ + \text{EL.HH.CK} + \text{EL.SER.TU} \quad (\text{électricité pour usages thermiques})$$

$$\text{ELNTU} = \text{ELSIND} + \text{TELTR} + \text{EL.HH.AC} + \text{ELAPHH} \\ + \text{ELSSER} + \text{EL.SER.AC} \quad (\text{électricité pour usages non- thermiques})$$

$$\text{ELEC} = \text{ELIND} + \text{TELTR} + \text{ELHH} + \text{ELSER} \\ = \text{ELTU} + \text{ELNTU} \quad (\text{total électricité})$$

$$\text{DH} = \text{DHIND} + \text{DHHH} + \text{DHSER} \quad (\text{systèmes centralisés})$$

$$\text{SS} = \text{SSIND} + \text{SSHH} + \text{SSSER} \quad (\text{énergie solaire})$$

FF	=	FFIND + FFHH + FFSER	(combustibles fossiles)
MF	=	MFIND + TMFTR + MFSER	(carburants)
COALSP	=	COKE + TSCTR	(charbon)
TFEED	=	FEED	(matières premières énergétiques)
FINEN	=	TF + MB + ELEC + DH + SS + FF + MF + COALSP + TFEED	(énergie finale totale)

Energie finale par personne (MWh/cap):

$$\text{FINEN.CAP} = (\text{FINEN} / \text{PO}) / \text{CF1}$$

Intensité énergétique de l'énergie finale, c'est à dire énergie finale par unité monétaire de PIB (kWh/MU):

$$\text{EI.FIN.GDP} = (\text{FINEN} / \text{Y}) / \text{CF1}$$

où: **CF1** est le facteur de conversion du TWh à l'unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur dans la cellule E50 de la feuille de calcul "Defs".

La feuille de calcul "Final-D" contient les résultats de la demande d'énergie agrégée par formes d'énergie et par secteur. Ces agrégations n'impliquant pas de nouveaux calculs, elles n'ont pas été présentées ici.

Pour convertir les résultats relatifs à la demande totale d'énergie finale du pays de l'unité d'énergie spécifiée par l'utilisateur en cellule E50 de la feuille de calcul "Defs" à une autre unité d'énergie, celui-ci doit indiquer cette nouvelle unité et le facteur de conversion correspondant dans les cellules L50 et M50 de la feuille de calcul "Defs". La demande totale d'énergie finale du pays convertie dans la nouvelle unité d'énergie (unité de la cellule L50 de la feuille de calcul "Defs") sera présentée dans la feuille de calcul "Final Results (User Unit)".

## **6 DESCRIPTION GENERALE DU MODULE 2 DE MAED**

### **CALCUL DE LA DEMANDE HORAIRE DE PUISSANCE ELECTRIQUE**

#### **6.1 Introduction**

Le deuxième module de MAED a été conçu pour convertir la demande annuelle d'électricité des secteurs économiques considérés lors de la projection de la demande d'énergie dans le Module 1, en demande horaire de puissance électrique pendant l'année. A cet effet, quatre secteurs économiques sont considérés dans ce module, l'Industrie, le Transport, les Ménages et les Services et au maximum six clients pour chacun de ces secteurs.

Pour passer de la demande annuelle d'électricité aux demandes horaires de puissance électrique, le modèle utilise des coefficients de modulation qui caractérisent la variation de la consommation d'énergie électrique par rapport à la consommation moyenne pendant l'année, la semaine ou la journée. Ce module convertit la demande totale annuelle d'électricité d'un secteur en charge électrique du secteur pour chaque heure, jour et semaine de l'année en tenant compte des facteurs suivants:

- (i) L'évolution du taux moyen de croissance de la demande d'électricité pendant l'année;
- (ii) Les changements dans le niveau de consommation d'électricité en fonction de la saison de l'année (dans le module MAED\_EL cette variation est reflétée sur une base hebdomadaire);
- (iii) Les changements de niveau de consommation d'électricité en fonction du type de jour considéré (jour ouvrable, week-end, jour férié etc.);
- (iv) La variation horaire de consommation d'électricité pour un jour quelconque.

L'évolution du taux moyen de croissance de la demande d'électricité est déjà connue, grâce aux résultats du Module 1. La variation de la charge électrique d'un secteur donné, quand à elle, est caractérisée par trois séries de coefficients de modulation définies pour les 24 heures d'une journée, par type de jour pendant une semaine et pour chaque semaine d'une année. Le produit de l'ensemble de ces coefficients par la demande moyenne d'électricité d'un secteur particulier permet d'obtenir la charge électrique de ce secteur pour une heure particulière. Si on connaît tous les coefficients relatifs à une année particulière, on peut calculer la charge électrique horaire chronologique pour les 8760 heures de l'année.

On réalise des calculs similaires pour chacun des secteurs de l'économie (Industrie, Transport, Ménages, et Services) et ces charges horaires sont additionnées entre elles pour obtenir finalement les valeurs des charges horaires de l'ensemble du système énergétique pour une année donnée. Le classement de ces charges horaires par ordre décroissant, permet d'obtenir la monotone de charge du système énergétique.

Les coefficients de modulation nécessaires pour ces calculs sont obtenus à partir d'analyses statistiques sur la base de l'expérience passée d'exploitation du système énergétique considéré.

Ce chapitre du Manuel d'utilisation et les suivants présentent les différentes feuilles de calcul du classeur Microsoft Excel "MAED\_EL.xls" du Module 2 de MAED (Chapitre 6), la procédure d'exécution de ce module (Chapitre 7) et la base théorique utilisée pour ces calculs (Chapitre 8).

## 6.2 Description des feuilles de calcul Excel du module 2 de MAED

Pour préparer les données d'entrée, effectuer le calcul des charges horaires et présenter les résultats du module 2 de MAED, l'AIEA a développé un classeur Microsoft Excel à part, appelé "MAED\_EL.xls", et contenu dans le même répertoire que le classeur correspondant au module 1, "MAED\_D.xls".

Ce classeur est composé de 21 feuilles de calcul. Certaines donnent des informations générales concernant la terminologie et les codes de couleur utilisés dans le classeur, tandis que d'autres sont utilisées pour entrer les données, effectuer les calculs et présenter les résultats du modèle sous forme numérique et parfois graphique. Le logiciel "MAED\_EL.xls" utilise également des sous-routines Microsoft Visual Basic pour la validation des données d'entrée, les calculs et la présentation des résultats du modèle. Le Tableau 6.1 présente le nom et le contenu de toutes les feuilles de calcul du classeur Microsoft Excel "MAED\_EL.xls".

Tableau 6.1. Liste des feuilles de calcul du classeur Microsoft Excel "MAED\_EL.xls"

N° de la feuille de calcul	Nom de la feuille de calcul	Contenu de la feuille de calcul
i	MAED_EL	Titre du classeur
ii	Notes	Conventions sur les codes de couleur
iii	Descr	Courte description du module
iv	TOC	Table des matières
v	MAED_D_data	Transfert des données relatives à la demande d'électricité à partir de MAED D
vi	Calendar	Calendrier des années de référence
vii	FinEle	Demande d'électricité finale
viii	SecEle	Demande d'électricité secondaire
ix	Ldfac(1)	Coefficients de modulation de la charge pour le secteur Industrie
x	Ldfac(2)	Coefficients de modulation de la charge pour le secteur Transport
xi	Ldfac(3)	Coefficients de modulation de la charge pour le secteur Ménages
xii	Ldfac(4)	Coefficients de modulation de la charge pour le secteur Services
xiii	Check	Vérification des coefficients de modulation
xiv	LDC	Monotones de charge sous forme numérique
xv	LDC-G	Monotones de charge sous forme graphique
xvi	ChrLDC	Charges électriques chronologiques
xvii	SvFac(1)	Copie de sauvegarde des coefficients de modulation de la charge pour le secteur Industrie
xviii	SvFac(2)	Copie de sauvegarde des coefficients de modulation de la charge pour le secteur Transport
xix	SvFac(3)	Copie de sauvegarde des coefficients de modulation de la charge pour le secteur Ménages
xx	SvFac(4)	Copie de sauvegarde des coefficients de modulation de la charge pour le secteur Services
xxi	temp	Données stockées temporairement pendant l'exécution du logiciel

Chaque feuille de calcul sera décrite brièvement dans les paragraphes suivants.

**(i) Feuille de calcul “MAED\_EL”**

Cette feuille de calcul contient le titre du classeur comme on peut le voir dans la Figure 6.1.



Figure 6.1. Feuille de calcul “MAED\_EL”.

**(ii) Feuille de calcul “Notes”**

Cette feuille de calcul contient des commentaires concernant les codes de couleur utilisés dans les diverses feuilles de calcul et quelques commentaires généraux sur les cellules de certaines d’entre elles. La Figure 6.2 présente cette feuille de calcul.

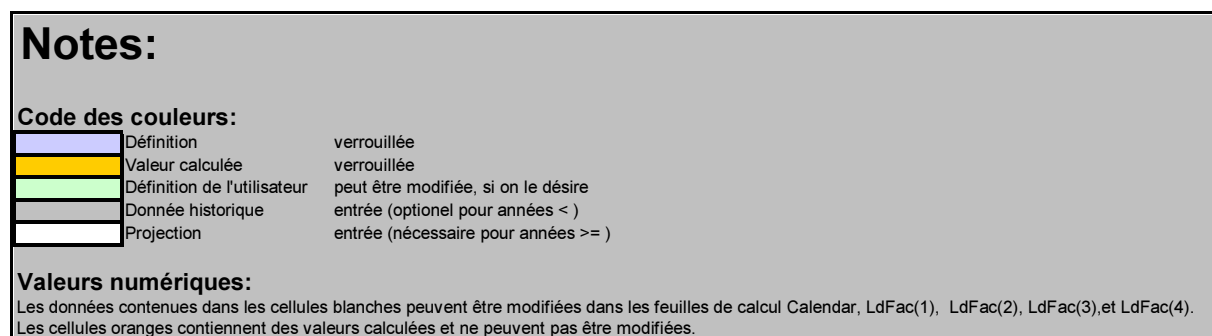


Figure 6.2. Feuille de calcul "Notes".

**(iii) Feuille de calcul “Descr”**

Dans cette feuille de calcul (voir Figure 6.3), l'utilisateur peut donner une description générale du scénario de projection de la demande d'électricité pour lequel il calcule les monotones de charges. Cette feuille contient également d'autres informations relatives au classeur lui-même.

<b>Description:</b>	
<b>Pays/Région:</b>	Démonstration du modèle MAED
<b>Numéro du Scénario:</b>	
<b>Nom du Scénario:</b>	Cas de démonstration de MAED_D
<b>Breve description du Scénario:</b>	Les données utilisées pour ce cas de démonstration correspondent à celles utilisées dans MAED_D
<b>Nom du Projet:</b>	Démonstration du modèle MAED
<b>Objectif:</b>	
<b>Auteur(s):</b>	AIEA
<b>Date de la version initiale:</b>	
<b>Remarques concernant le projet:</b>	Basé sur la nouvelle version du document de l'AIEA: Model for Analysis of Energy Demand (MAED)
<b>Date de la dernière modification:</b>	
<b>Description de la modification:</b>	Modifications réalisées sur la base des corrections recommandées par M. Arshad Khan et M. Ahmed Irej Jalal
<b>Description et Remarques:</b>	Modifications réalisées par M. Ahmed Irej Jalal

Figure 6.3. Feuille de calcul "Descr".

#### (iv) Feuille de calcul "TOC"

Cette feuille de calcul contient une table des matières du classeur (voir Figure 6.4). L'utilisateur peut accéder aux diverses feuilles de calcul en cliquant sur les boutons correspondants dans cette feuille de calcul. La plupart des feuilles de calcul ont également un bouton TOC, qui permet de revenir à la table des matières de la feuille de calcul "TOC".

<b>Contenu:</b>		Feuilles de calcul	Graphiques	Tableaux no.
1	Notes			
2	Description			
3	Données provenant du fichier MAED_D			
4	Électricité finale			1
5	Électricité secondaire			2
6	Structure de la charge électrique pour le secteur Industrie			3
7	Structure de la charge électrique pour le secteur Transport			4
8	Structure de la charge électrique pour le secteur Ménages			5
9	Structure de la charge électrique pour le secteur Services			6
10	Monotones de charge (total)			7
11	Valeurs intermédiaires			8

Figure 6.4. Feuille de calcul "TOC".

#### (v) Feuille de calcul "MAED\_D\_data"

Cette feuille de calcul (voir Figure 6.5) peut être utilisée pour transférer les données relatives à la demande finale d'électricité par secteur (Industrie, Transport, Ménages et Services) du module MAED\_D (feuille de calcul "Final-D", Tableau 20-6) vers le module MAED\_EL.

Transfert des données provenant du fichier MAED_D											
Nombre d'années	6										
Année de base	2000										
Années de référence	2000	2005	2010	2015	2020	2025					
Unité pour l'électricité finale dans le fichier MAED_D		Facteur de conversion vers le GWa									
GWa		1,0000									
Consommation d'électricité finale par secteur (données provenant du fichier MAED_D)											
Secteurs	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025				
Industrie	GWa	0,494	0,662	0,882	1,143	1,460	1,746	0,000	0,000	0,000	0,000
Transport	GWa	0,063	0,079	0,100	0,128	0,162	0,203	0,000	0,000	0,000	0,000
Ménages	GWa	0,249	0,378	0,558	0,811	1,173	1,638	0,000	0,000	0,000	0,000
Services	GWa	2,062	2,641	3,418	4,449	5,793	7,553	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	GWa	2,868	3,760	4,959	6,531	8,588	11,140	0,000	0,000	0,000	0,000
Pour modifier les liaisons, il faut ôter la protection du fichier; Pour cela, cliquez sur le bouton "Unprotect sheets" ci-contre. Après modifications, cliquez sur le bouton "Protect Sheets" pour protéger à nouveau la feuille.										Unprotect sheets	
										Protect Sheets	

Figure 6.5. Feuille de calcul "MAED\_D\_data".

#### (vi) Feuille de calcul "Calendar"

Cette feuille de calcul contient des informations relatives aux jours fériés officiels de l'année, aux durées et aux dates de début des quatre saisons utilisées dans l'étude (hiver, printemps, été et automne par exemple), aux dates de début et de fin des « saisons spéciales » telles que le Ramadan dans les pays islamiques, à la séquence des sept jours de la semaine (week-end chrétien ou islamique) et à la définition des jours typiques de la semaine du point de vue de la forme de leur courbe journalière de consommation d'énergie électrique. Les figures 6.6, 6.7 et 6.8 présentent les différentes parties de cette feuille de calcul.

Jours fériés:			
Année	Description	Chaque semaine	Jours isolés
2000	férié spécial	Dim	01-Jan
2005	férié spécial	Dim	0
2010	férié spécial	Dim	0
2015	férié spécial	Dim	0
2020	férié spécial	Dim	0
2025	férié spécial	Dim	0

Figure 6.6. Définition des jours fériés dans la feuille de calcul "Calendar".



### Saisons (premier jour): 4 saisons maximum

Saison	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Hiver	01-janv	01-janv	01-janv	01-janv	01-janv	01-janv
Printemps	21-mars	21-mars	21-mars	21-mars	21-mars	21-mars
Été	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin
Automne	01-oct	01-oct	01-oct	01-oct	01-oct	01-oct
	31-déc	31-déc	31-déc	31-déc	31-déc	31-déc

### Saison spéciale: (Optionnelle)



Saison	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Début						
Fin						

Figure 6.7. Durées des différentes saisons, feuille de calcul "Calendar".

### Jours:

#### Séquence normale des jours de la semaine:

	1	2	3	4	5	6	7
Tous	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim

#### Définition des jours typiques de la semaine:

	1	2	3	4	5	6	7
Quelques	Sam	Dim	Mer				

Figure 6.8. Définition des jours normaux et typiques de la semaine, feuille de calcul "Calendar".

### (vii) Feuille de calcul "FinEle"

Cette feuille de calcul est constituée de plusieurs tableaux contenant, pour toutes les années de référence, la demande finale d'électricité, totale et au niveau de chaque secteur, convertie en Gigawatt-an (GWyr ou GWa), la proportion de cette demande fournie par le réseau électrique interconnecté, de même que les poids des clients de chaque secteur (en tant que donnée) et les taux de croissance des consommations des clients (calculés par le logiciel). La Figure 6.9 représente la demande finale d'électricité, totale et sectorielle, pendant la période d'étude.

<b>Tableau 1: Demande d'électricité pour le scénario Cas de démonstration de MAED_D</b>							
<b>Tableau 1a: Consommation d'électricité finale:</b>							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrie	GWa	0,49	0,66	0,88	1,14	1,46	1,75
Transport	GWa	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16	0,20
Ménages	GWa	0,25	0,38	0,56	0,81	1,17	1,64
Services	GWa	2,06	2,64	3,42	4,45	5,79	7,55
<b>Total</b>	<b>GWa</b>	<b>2,87</b>	<b>3,76</b>	<b>4,96</b>	<b>6,53</b>	<b>8,59</b>	<b>11,14</b>

Figure 6.9. Demande finale d'électricité, totale et sectorielle, feuille de calcul "FinEle".

Le module MAED\_D détermine la demande d'électricité pour le pays ou la région, indépendamment du mode de satisfaction de cette demande (réseau interconnecté ou installations locales non-connectées au réseau principal). En revanche, le module MAED\_EL a été conçu pour générer des monotonnes de charge ne représentant que l'électricité produite par les centrales connectées au système interconnecté. C'est pourquoi il est nécessaire de ne séparer de la demande totale d'électricité obtenue à partir du module MAED\_D, que la partie qui sera fournie par le réseau interconnecté. Les proportions respectives, par secteur consommateur, seront indiquées par l'utilisateur dans le Tableau 1aa de la feuille de calcul "FinEle" (voir Figure 6.10).

<b>Tableau 1aa: Proportion d'électricité fournie par le réseau interconnecté pour chaque secteur</b>							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrie	%	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Transport	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ménages	%	50,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00
Services	%	60,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00

Figure 6.10. Demande sectorielle d'électricité finale fournie par le réseau interconnecté, feuille de calcul "FinEle".

L'utilisateur indiquera également, dans la même feuille de calcul, le poids de chacun des clients industriels dans le tableau 1a1a (voir Figure 6.11), et les taux de croissance des consommations de ces mêmes clients seront calculés par le logiciel dans le tableau 1a1b (Figure 6.12). Des tableaux similaires pour les clients des secteurs Transport, Ménages, et Services sont également inclus dans cette feuille de calcul. Les taux de croissance de la demande d'électricité des deux secteurs composites, Industrie & Transport et Ménages & Services sont finalement fournis en bas de cette feuille de calcul (voir figure 6.13).

<b>Tableau 1a1a: Pourcentage de clients de type Industrie:</b>							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
ind1	%	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
ind2	%	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
ind3	%	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Figure 6.11. Poids des clients industriels, feuille de calcul "FinEle".

Tableau 1a1b: Taux de croissance des clients de type Industrie:							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
ind1	[%p.a.]	6.04	6.04	5.92	5.30	5.03	3.64
ind2	[%p.a.]	6.04	6.04	5.92	5.30	5.03	3.64
ind3	[%p.a.]	6.04	6.04	5.92	5.30	5.03	3.64
	[%p.a.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	[%p.a.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	[%p.a.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>[%p.a.]</b>	<b>6.04</b>	<b>6.04</b>	<b>5.92</b>	<b>5.30</b>	<b>5.03</b>	<b>3.64</b>

Figure 6.12. Taux de croissance de la demande d'électricité des clients industriels, feuille de calcul "FinEle".

Tableau 1b: Taux de croissance agrégés:							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Ind+Trp	[%p.a.]	9,31	6,04	5,92	5,30	5,03	3,64
Mén+Serv	[%p.a.]	9,50	7,07	5,60	5,70	5,72	5,66
<b>Total</b>	<b>[%p.a.]</b>	<b>9,32</b>	<b>6,84</b>	<b>5,67</b>	<b>5,62</b>	<b>5,57</b>	<b>5,25</b>

Figure 6.13. Taux de croissance de la demande d'électricité des deux secteurs composites, feuille de calcul "FinEle".

#### (viii) Feuille de calcul "SecEle"

Cette feuille de calcul contient les données d'entrée relatives aux pertes moyennes du réseau de transport (au niveau de l'ensemble du système) et aux pertes moyennes annuelles du réseau de distribution (pour chacun des secteurs) pendant l'ensemble de la période d'étude. Ces valeurs seront ajoutées à la quantité finale d'électricité fournie par le réseau électrique interconnecté pour déterminer la quantité d'électricité nécessaire au niveau du réseau électrique interconnecté. Si la charge électrique de pointe du système, obtenue à partir du module MAED\_EL pour l'année de base, à travers la variation des coefficients hebdomadaires, journaliers et horaires, ne reproduit pas d'une manière satisfaisante la pointe réelle de consommation enregistrée dans le pays, l'utilisateur peut ajuster les charges horaires autour de la pointe à l'aide de trois autres variables pour chaque année de référence: un facteur multiplicatif (%), un terme additif (MW) et la durée (h) autour de la pointe à laquelle elles s'appliquent. La section de la feuille de calcul contenant ces données est présentée en Figure 6.14. Dans les deux tableaux en fin de feuille de calcul, le modèle affiche les besoins en électricité secondaire (en prenant en compte les pertes dans les réseaux de transport et de distribution) exprimées en GWa et en GWh (Figure 6.15).

Tableau 2: Demande d'électricité secondaire pour le scénario Cas de démonstration de MAED_D							
Tableau 2a: Pertes de transport:							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Pertes de transport	%	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Tableau 2b1: Pertes de distribution (par secteur):							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrie	%	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Transport	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ménages	%	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Services	%	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Tableau 2b2: Pointe de charge:							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Facteur multiplicatif	[%]						
Terme additif	[MW]						
Durée	[h]						

Figure 6.14. Pertes dans les réseaux de transport et de distribution et variables d'ajustement de la charge de pointe, feuille de calcul "SecEle".

Tableau 2c1: Besoins en électricité secondaire fournie par le réseau interconnecté [Gwa]:							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrie	Gwa	0,44	0,59	0,78	1,01	1,29	1,55
Transport	Gwa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ménages	Gwa	0,16	0,26	0,39	0,57	0,82	1,14
Services	Gwa	1,53	2,13	2,75	3,58	4,66	6,08
<b>Total</b>	<b>Gwa</b>	<b>2,13</b>	<b>2,98</b>	<b>3,92</b>	<b>5,16</b>	<b>6,78</b>	<b>8,77</b>
Tableau 2c1: Besoins en électricité secondaire fournie par le réseau interconnecté [GWh]:							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Industrie	GWh	3843	5139	6852	8873	11371	13556
Transport	GWh	0	0	0	0	0	0
Ménages	GWh	1440	2308	3407	4955	7184	10004
Services	GWh	13461	18623	24104	31373	40963	53262
<b>Total</b>	<b>GWh</b>	<b>18744</b>	<b>26069</b>	<b>34363</b>	<b>45201</b>	<b>59518</b>	<b>76822</b>

Figure 6.15. Besoin en électricité secondaire (pertes dans les réseaux de transport et de distribution prises en compte), feuille de calcul "SecEle".

#### (ix) Feuille de calcul "LdFac(1)"

Cette feuille de calcul contient les données d'entrée relatives aux coefficients hebdomadaires, journaliers et horaires de modulation de la charge pour le secteur Industrie et pour les diverses années de référence de la période d'étude. Ces données doivent être fournies pour l'année de base et peuvent être modifiées pour les autres années de la période d'étude, si l'utilisateur le désire.

Les données suivantes sont requises pour une année quelconque (au moins pour l'année de base):

- 53 coefficients de modulation hebdomadaires, reflétant la variation de la consommation d'électricité hebdomadaire du secteur Industrie pendant l'année, par rapport à la consommation hebdomadaire moyenne de l'année;
- 7 coefficients de modulation journaliers pour chaque semaine, reflétant la variation de la consommation d'électricité journalière du secteur Industrie pendant la semaine, par rapport à la consommation journalière moyenne de la semaine;
- 24 coefficients de modulation horaires pour chaque client industriel, pour chaque saison (maximum 4) et pour chaque jour typique de la semaine, définie dans la feuille de calcul "Calendar", reflétant la variation de la consommation d'électricité horaire pendant le jour typique, par rapport à la consommation horaire moyenne du jour.

La Figure 6.16 montre une partie des coefficients de pondération hebdomadaires et journaliers et les boutons de contrôle prévus pour entrer et vérifier ces données. Les cellules de la feuille de calcul qui ont des bordures correspondent aux coefficients journaliers du premier jour du mois, comme le montre les boîtes de commentaires. Divers boutons de contrôle sont présent dans cette feuille de calcul pour présenter les données sous forme graphique ("Sh"), pour fermer le graphique ("Cl") et pour normaliser les données ("N"). Le bouton "Check" permet de valider des données d'entrée. Si celles-ci ne sont pas valides pour une année quelconque, la cellule correspondant à la somme de la colonne ou de la ligne considérée s'affichera en rouge en indiquant un message d'avertissement à l'intention de l'utilisateur.

01 Février 2005

**Tableau 3: Coefficients de charge pour le secteur Industrie (Cas de démonstration de MAED\_D):**

**Tableau 3a: Coefficients hebdomadaires et journaliers (se référer aux codes de couleurs en fin de feuille de calcul)**

Semaine	Saison	2005												2005							Total	Sh	Cl	N	
		Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim					
		Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	N	N	N	N	N	N	N					
1	Hiver	1,02	1,02	1,50	1,02	1,02	1,50	1,02	1,02	1,02	1,01	1,02	1,02	1,02	0,98	0,99	1,01	1,02	1,01	1,02	0,98	7,00	Sh	Cl	N
2	Hiver	1,03	1,03	1,61	1,03	1,03	1,61	1,03	1,03	1,03	1,02	1,03	1,03	1,03	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,02	0,99	7,00	Sh	Cl	N
3	Hiver	1,05	1,05	1,60	1,05	1,05	1,60	1,05	1,05	1,05	1,03	1,05	1,05	1,05	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,02	0,99	7,00	Sh	Cl	N
4	Hiver	0,96	0,96	1,40	0,96	0,96	1,40	0,96	0,96	0,96	0,94	0,96	0,96	0,96	1,00	1,11	1,00	0,94	0,96	0,99	1,00	7,00	Sh	Cl	N
5	Hiver	1,02	1,02	1,66	1,02	1,02	1,66	1,02	1,02	1,02	1,00	1,02	1,02	1,02	0,96	0,98	1,00	1,00	1,04	1,04	0,96	7,00	Sh	Cl	N
6	Hiver	1,00	1,00	1,59	1,00	1,00	1,59	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	1,01	0,99	1,00	1,00	1,01	0,99	7,00	Sh	Cl	N
7	Hiver	1,01	1,01	1,34	1,01	1,01	1,34	1,01	1,01	1,01	0,99	1,01	1,01	1,01	0,94	1,03	1,03	1,04	1,00	1,02	0,94	7,00	Sh	Cl	N
8	Hiver	0,97	0,97	1,20	0,97	0,97	1,20	0,97	0,97	0,97	0,95	0,97	0,97	0,97	0,97	1,02	1,02	1,02	1,05	0,95	0,97	7,00	Sh	Cl	N
9	Hiver	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,99	1,01	1,01	1,01	0,96	1,02	1,03	1,01	1,00	1,03	0,96	7,00	Sh	Cl	N
10	Printemps	1,02	1,02	0,72	1,02	1,02	0,72	1,02	1,02	1,02	1,00	1,02	1,02	1,02	0,95	1,01	1,01	1,02	1,04	1,02	0,95	7,00	Sh	Cl	N
11	Printemps	0,98	0,98	0,55	0,98	0,98	0,55	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,97	1,00	1,04	1,05	0,98	7,00	Sh	Cl	N
12	Printemps	1,03	1,03	0,38	1,03	1,03	0,38	1,03	1,03	1,03	1,01	1,03	1,03	1,03	0,98	0,99	0,97	1,00	1,04	1,05	0,98	7,00	Sh	Cl	N
13	Printemps	1,03	1,03	0,31	1,03	1,03	0,31	1,03	1,03	1,03	1,01	1,03	1,03	1,03	0,98	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,98	7,00	Sh	Cl	N
14	Printemps	0,87	0,87	0,34	0,87	0,87	0,34	0,87	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87	0,87	1,01	0,98	0,97	0,98	1,00	1,05	1,01	7,00	Sh	Cl	N
15	Printemps	0,95	0,95	0,34	0,95	0,95	0,34	0,95	0,95	0,95	0,93	0,95	0,95	0,95	0,96	1,00	0,98	1,01	1,05	1,04	0,96	7,00	Sh	Cl	N
16	Printemps	0,92	0,92	0,47	0,92	0,92	0,47	0,92	0,92	0,92	0,91	0,92	0,92	0,92	0,95	0,97	1,00	1,04	1,04	1,04	0,95	7,00	Sh	Cl	N
17	Printemps	0,93	0,93	0,72	0,93	0,93	0,72	0,93	0,93	0,93	0,92	0,93	0,93	0,93	0,95	0,98	1,02	1,02	1,03	1,04	0,95	7,00	Sh	Cl	N

01 Avril 2005

Figure 6.16. Coefficients de modulation hebdomadaires et journaliers, feuille de calcul "LdFac(1)".

La Figure 6.17 contient les dates des dernières sauvegardes informatiques pour une année donnée. Cette information est très utile pour garder une trace des changements de données quand on travaille en plusieurs étapes.

Année	sauvegarde	Dernière sauvegarde
2000	sauvegarde	01/03/2007 15:58
2005	sauvegarde	06/07/2005 13:47
2010	sauvegarde	01/03/2007 16:40
2015	sauvegarde	06/07/2005 13:47
2020	sauvegarde	06/07/2005 13:47
2025	sauvegarde	06/07/2005 13:48

Figure 6.17. Dates de sauvegarde des données, feuille de calcul "LdFac(1)".

La Figure 6.18 présente une partie des données d'entrée relatives à la variation horaire de la charge du premier client industriel, pour chaque jour typique de la semaine et pour chaque saison de l'année. Ces données sont fournies pour l'année de base et peuvent être modifiées pour les autres années de la période d'étude si l'utilisateur le désire.

Tableau 3b: Coefficients horaires pour le secteur Industrie, ind1																						
2005	Hiver							Printemps							Été							
	heure	Sam	Dim	Mer	0	0	0	0	Sam	Dim	Mer	0	0	0	0	Sam	Dim	Mer	0	0	0	0
00,00	0,93	1,01	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	1,01	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	1,01	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01,00	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02,00	0,86	0,92	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,92	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,92	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03,00	0,85	0,93	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,93	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,93	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04,00	0,86	0,96	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,96	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,96	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05,00	0,90	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06,00	0,97	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07,00	1,03	1,02	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	1,02	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	1,02	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08,00	1,05	0,99	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,99	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,99	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09,00	1,02	1,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	1,02	0,99	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	0,99	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	0,99	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,00	1,01	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,00	1,03	0,99	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,99	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,99	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13,00	1,01	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,00	1,01	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,00	1,02	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,00	1,06	0,98	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,06	0,98	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,06	0,98	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,00	1,13	1,04	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	1,04	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	1,04	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,00	1,11	1,06	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	1,06	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	1,06	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	1,11	1,07	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	1,07	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	1,07	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	1,07	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,00	1,04	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,00	1,02	1,05	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,05	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,05	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23,00	0,99	1,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	1,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	1,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	24,0	24,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	24,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	24,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh
	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Figure 6.18. Coefficients horaires pour le secteur Industrie, feuille de calcul "LdFac(1)".

Les codes de couleur utilisés dans la feuille de calcul sont présentés à la fin de celle-ci (Figure 6.19).








Codes des couleurs:	
	Descriptions (cellules verrouillées)
	Valeurs calculées (cellules verrouillées)
	Jours de l'année antérieure ou postérieure à l'année considérée
	Fonctions: activation de ces fonctions en double-cliquant sur ces cellules
	Dimanche et autres jours fériés (un commentaire indique la date considérée)
	Samedi et autres jours précédant les jours fériés (un commentaire indique la date considérée)
	Premier jour du mois

Figure 6.19. Code de couleur, feuille de calcul "LdFac(1)".

### (x) Feuille de calcul "LdFac(2)"

Cette feuille de calcul contient les mêmes informations que la feuille de calcul "LdFac(1)" mais pour le secteur Transport.

**(xi) Feuille de calcul “LdFac(3)”**

Cette feuille de calcul contient les mêmes informations que la feuille de calcul “LdFac(1)” mais pour le secteur Ménages.

**(xii) Feuille de calcul “LdFac(4)”**

Cette feuille de calcul contient les mêmes informations que la feuille de calcul “LdFac(1)” mais pour le secteur Services.

**(xiii) Feuille de calcul “Check”**

Cette feuille de calcul permet de localiser les erreurs relatives aux coefficients de modulation de la charge si leur somme est incorrecte. Une partie de cette feuille de calcul, contenant le tableau d’erreurs, est présentée en Figure 6.20.

LdFac(1)		Erreurs dans la somme des coefficients hebdomadaires										LdFac(3)		LdFac(4)	
C62		Normaliser la somme pour qu'elle soit égale à 53													
LdFac(1)				LdFac(2)				LdFac(3)				LdFac(4)			
La somme n'est pas égale à 53 pour l'année		2000													
La somme n'est pas égale à 53 pour l'année															
La somme n'est pas égale à 53 pour l'année															
La somme n'est pas égale à 53 pour l'année															
La somme n'est pas égale à 53 pour l'année															
La somme n'est pas égale à 53 pour l'année															
La somme n'est pas égale à 53 pour l'année															
La somme n'est pas égale à 53 pour l'année															
La somme n'est pas égale à 53 pour l'année															

Figure 6.20. Erreurs dans les sommes des coefficients journaliers de modulation de la charge, feuille de calcul "Check".

**(xiv) Feuille de calcul “LDC”**

Dans cette feuille de calcul sont affichés les résultats des calculs du module MAED\_EL pour chaque saison et pour l’année, à savoir les charges de pointe (MW), les besoins en électricité (GWh), les facteurs de charge (%) et le nombre d’heures. Une partie de cette feuille de calcul est présentée en Figure 6.21. On trouve à droite les données relatives aux monotones de charge saisonnières sous forme numérique (voir Figure 6.22).

<b>Tableau 7: Monotones de charge (Total) (Cas de démonstration de MAED_D):</b>					
					Output file: C:\loadwasp1.
Sommaire:					
use growth:            yes					
<b>2000</b>	total	Hiver	Printemps	Été	Automne
Charge maximum (MW):	4843,818	2629,936	2568,186	2844,962	4843,818
Rel. à la pointe annuelle:	1,000	0,543	0,530	0,587	1,000
Énergie (GWh):	18755,746	4012,058	3424,624	6384,279	4934,785
Facteur de charge (%):	44,08	78,47	77,17	76,64	46,65
Nombre d'heures:	8784	1944	1728	2928	2184
Diff. par rapport à la demande annuelle:	11,696				
% Diff. par rapport à la demande annuelle:	0,1				
<b>2005</b>	total	Hiver	Printemps	Été	Automne
Charge maximum (MW):	4251,698	3707,364	3567,657	4052,979	4251,698
Rel. à la pointe annuelle:	1,000	0,872	0,839	0,953	1,000
Énergie (GWh):	26073,797	5515,617	4684,027	9074,277	6799,876
Facteur de charge (%):	70,01	77,49	75,98	76,47	73,23
Nombre d'heures:	8760	1920	1728	2928	2184
Diff. par rapport à la demande annuelle:	4,737				
% Diff. par rapport à la demande annuelle:	0,0				

Figure 6.21. Charge de pointe, besoin en électricité et facteur de charge, feuille de calcul "LDC".

<b>Monotones de charge:</b>					
saïson	paramètres	résultats			
Hiver	temps	0	0,0005144	0,00102881	
	puissance	1	1	0,98879489	
Printemps	temps	0	0,0005787	0,00173611	
	puissance	1	1	0,99127432	
Été	temps	0	0,00102459	0,00204918	
	puissance	1	1	0,99624884	
Automne	temps	0	0,00045788	0,0018315	
	puissance	1	1	0,99115901	

Figure 6.22. Monotones de charge saisonnières, feuille de calcul "LDC".



**(xv) Feuille de calcul “LDC-G”**

Cette feuille de calcul présente les monotones de charge saisonnières sous forme graphique pour toutes les années considérées dans l’étude. La Figure 6.23 présente la feuille de calcul contenant les monotones de charge pour 2000 et 2005.

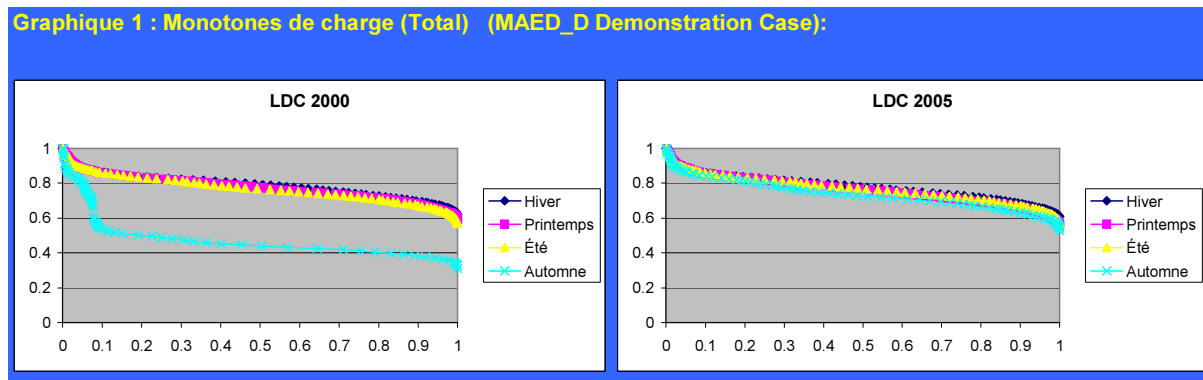


Figure 6.23. Représentation graphique des monotones de charge saisonnières, feuille de calcul "LDC-G".

**(xvi) Feuille de calcul “ChrLdc”**

Cette feuille de calcul contient les valeurs numériques des charges horaires chronologiques de toutes les années de la période d’étude. La Figure 6.24 présente la partie supérieure gauche de cette feuille de calcul.

	A	B	C	D	E	F
1	2000	2005	2010	2015	2020	2025
2	2.460811771	3.92032947	5.32385727	9.33273667	8.97516773	17.2575438
3	2.349706087	3.74336336	5.15302368	8.979623	8.65898433	16.6410195
4	2.25482347	3.59223931	5.00713941	8.67807609	8.38897531	16.1145291
5	2.232441089	3.55661613	4.97276434	8.60700366	8.32533939	15.9904385
6	2.280334727	3.63295366	5.04648032	8.75934094	8.46175049	16.2564127
7	2.363235022	3.76506469	5.17404183	9.02296982	8.69781499	16.7166974
8	2.563906434	4.08481105	5.48275263	9.66101027	9.26913738	17.8306896
9	2.704364211	4.3086305	5.69885171	10.1076348	9.66906075	18.6104766
10	2.756741231	4.39212149	5.77947269	10.2742442	9.81825115	18.9013683
11	2.691569778	4.28833058	5.67928576	10.0671475	9.63281542	18.5397845
12	2.702620108	4.30597882	5.69634002	10.1023729	9.66436115	18.6012851
13	2.65979701	4.23779213	5.63052675	9.96632195	9.54254169	18.3637444
14	2.720167017	4.33402087	5.72344482	10.1583479	9.71449064	18.699012
15	2.656275835	4.23226517	5.62522325	9.9553132	9.53269226	18.3445207

Figure 6.24. Charges chronologiques, feuille de calcul "ChrLdc".

**(xvii) Feuille de calcul “SvFac(1)”**

Dans cette feuille de calcul sont sauvegardés les coefficients de modulation hebdomadaires, journaliers et horaires pour le secteur Industrie. Le logiciel lit les données pour une année

donnée puis les affiche dans la feuille de calcul “LdFac(1)”. La Figure 6.25 représente une section de cette feuille de calcul.

	A	B	C	D	E	F
1	1.02	0.97627389	0.9943227	1.00682981	1.01942877	1.00696759
2	1.03350362	0.97627389	0.9943227	1.00682981	1.01942877	1.00696759
3	1.05009232	0.99228999	0.99848426	0.99397797	1.00100116	1.0037592
4	0.95959031	0.9999857	1.10881871	1.00457394	0.93768576	0.96106075
5	1.01617772	0.96326209	0.99135904	0.9953109	1.00493484	1.04209783
6	1.00266734	0.99093155	1.00953344	0.99423366	0.9969697	1.00319653
7	1.00628369	0.94147867	1.03408624	1.02809268	1.03634766	1.00286914
8	0.96736665	0.97036573	1.01524181	1.01822269	1.01763629	1.0533091
9	1.00544431	0.95694241	1.02313988	1.025108	1.0085352	1.00280267
10	1.01522163	0.95111053	1.00695404	1.00734398	1.02253562	1.04185419
11	0.98362452	0.97860316	0.98951028	0.97158076	0.99903949	1.03556259
12	1.02974866	0.97860316	0.98951028	0.97158076	0.99903949	1.03556259
13	1.0295791	0.97534807	1.00582374	1.01244131	1.01294792	1.0058079
14	0.87458668	1.01269579	0.98453714	0.96546312	0.98003176	0.99871802
15	0.94511891	0.95669924	0.99930807	0.98262306	1.01008094	1.05215543

Figure 6.25. Coefficients de modulation de la charge pour le secteur Industrie, sauvegardés dans la feuille de calcul "SvFac(1)".

**(xviii) Feuille de calcul “SvFac(2)”**

Cette feuille de calcul contient les mêmes informations que “SvFac(1)” mais pour le secteur Transport.

**(xix) Feuille de calcul “SvFac(3)”**

Cette feuille de calcul contient les mêmes informations que “SvFac(1)” mais pour le secteur Ménages.

**(xx) Feuille de calcul “SvFac(4)”**

Cette feuille de calcul contient les mêmes informations que “SvFac(1)” mais pour le secteur Services.

**(xxi) Feuille de calcul “temp”**

Cette feuille de calcul est utilisée par le logiciel pour stocker temporairement certaines données. A la fin de chaque exécution du logiciel, l’information contenue dans cette feuille peut être effacée pour diminuer la mémoire occupée par le classeur “MAED\_EL.xls”.

## 7 EXECUTION DU MODULE 2 DE MAED

### 7.1 Introduction

Avant d'exécuter le Module 2 de MAED, l'utilisateur doit configurer l'ordinateur de la façon suivante:

- modifier le format de la date conformément aux indications de la Figure 7.1;
- fixer le niveau de sécurité du logiciel Excel en utilisant les commandes suivantes (Tools/Macro/Security/Medium).

#### **Pour Microsoft Windows 95 & 98**

1. Ouvrir la boîte de dialogue **Regional Settings Properties** en cliquant sur le bouton **Start**, puis **Settings**, **Control Panel** et, finalement, **Regional Settings**.
2. Dans le tableau **Date**, choisir le style "yyyy-MM-dd" dans la boîte **Short date style**.
3. Cliquer sur le bouton **OK** pour fermer la boîte de dialogue **Regional Settings Properties**.

#### **Pour Microsoft Windows 2000 & Windows XP**

1. Ouvrir **Regional and Language Options** dans **Control Panel**.
2. Dans le tableau **Regional Options**, et le sous-tableau **Standards and formats**, cliquer sur **Customize**.
3. Dans le tableau **Date**, choisir le format "yyyy-MM-dd" de la boîte **Short date format**.
4. Cliquer sur le bouton **OK** pour fermer la boîte de dialogue **Customize Regional Options**.
5. Cliquer sur le bouton **OK** pour fermer la boîte de dialogue **Regional and Language Options**.

*Figure 7.1. Changer le format de la date avant d'utiliser MAED.*

Avec ce niveau de sécurité, quand l'utilisateur ouvre le classeur Microsoft Excel "MAED\_EL.xls", une boîte de dialogue apparaît sur l'écran de l'ordinateur, demandant si l'utilisateur veut activer les macros du classeur (voir Figure 7.2). Celui-ci doit cliquer sur le bouton **Enable Macros** pour que le classeur puisse utiliser ses macros, c'est à dire les sous-routines Microsoft Visual Basic qui activent les divers boutons et effectuent les différentes fonctions, telles que le passage d'une feuille de calcul à l'autre, le calcul des monotones de charge et la vérification de la validité des données d'entrée.



Figure 7.2. Boite de dialogue Microsoft Excel demandant l'activation des macros.

Une autre boîte de dialogue apparaît également à l'ouverture du fichier Excel "MAED\_EL.xls", demandant à l'utilisateur s'il veut actualiser les liaisons automatiques de ce classeur avec d'autres fichiers (voir Figure 7.3). Etant donné que le module MAED\_EL utilise les résultats du module MAED\_D relatifs à la demande finale d'électricité (voir feuille de calcul "MAED\_D\_data"), l'utilisateur doit actualiser la liaison entre les deux modules chaque fois que les résultats du module MAED\_D changent.

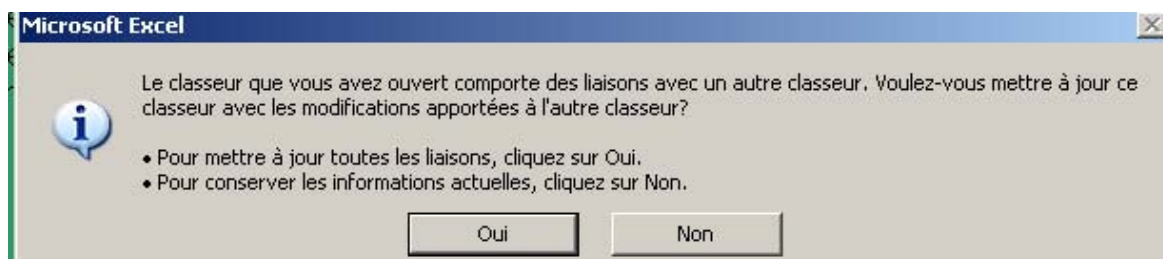


Figure 7.3. Boite de dialogue Microsoft Excel demandant l'actualisation des liaisons automatiques avec d'autres classeurs.

## 7.2 Exécution du module MAED\_EL

Comme cela a déjà été mentionné au Chapitre 6, le module 2 de MAED doit engendrer la demande horaire de puissance du système énergétique sur la base des informations suivantes:

- (i) la demande annuelle d'électricité déterminée soit à partir du module 1 de MAED soit en utilisant une autre méthodologie et un autre logiciel;
- (ii) la croissance de la charge pendant l'année étudiée, du fait de la croissance de la demande d'électricité d'une année à l'autre;
- (iii) la variation hebdomadaire de la charge;
- (iv) la variation journalière de la charge en fonction du jour de la semaine, et
- (v) la variation horaire de la charge pendant une journée pour tous les jours typiques de la semaine.

Toutes ces catégories de données sont nécessaires pour exécuter le Module 2.

Les étapes à suivre sont les suivantes :

- (i) Préparation des données d'entrée nécessaires;
- (ii) Entrée et validation de ces données dans les différentes feuilles de calcul décrites dans le chapitre précédent;
- (iii) Exécution du logiciel "MAED\_EL.xls";
- (iv) Vérification des résultats du module.

L'utilisateur peut réaliser à nouveau les étapes (ii) - (iv) s'il n'est pas satisfait par les résultats obtenus. Ces étapes seront décrites de manière plus détaillée dans les paragraphes suivants.

### **Etape-I: Préparation des données d'entrée nécessaires**

La première étape à réaliser est la collecte des informations requises pour l'exécution du module. Une partie de ces informations, notamment la demande annuelle finale d'électricité, provient du Module 1 ou d'un autre modèle similaire, tandis que les informations concernant la variation hebdomadaire, la variation par type de jour de la semaine, et la variation horaire, de la charge électrique des différents secteurs économiques et sous-secteurs (clients) sont basées sur des données historiques. L'Annexe C de la Référence 12 contient des précisions relatives à la préparation de ces paramètres à partir de statistiques historiques.

Si la projection de la demande d'électricité a été réalisée par le module 1 de MAED, la demande finale annuelle (GWh) et les taux annuels de croissance (%) au niveau de chaque secteur seront disponibles du Module 1; sinon, cette information devra être extraite d'une autre étude similaire. Les poids des différents clients dans la consommation d'électricité de chaque secteur doivent être fournis pour l'année de base de même que pour les autres années futures considérées dans l'étude. Si les clients sectoriels du Module 2 correspondent exactement aux sous-secteurs du Module 1, leurs poids dans la consommation totale d'électricité du secteur peuvent être calculés facilement.

### **Etape-II: Entrée des données dans les feuilles de calcul**

Les données requises par le Module 2 sont réparties dans plusieurs feuilles de calcul, comme cela a été rappelé dans le chapitre précédent de ce manuel. L'utilisateur doit renseigner toutes les cellules blanches correspondant aux données d'entrée. Ces paramètres d'entrée requis dans les différentes feuilles de calcul du module 2 de MAED sont décrits dans les paragraphes suivants.

#### **(i) Feuille de calcul "Descr"**

Dans cette feuille de calcul, l'utilisateur fournit certaines informations générales concernant le scénario de demande d'électricité pour lequel seront calculées les monotones de charge: nom du pays ou de la région, nom et numéro du scénario, noms des auteurs de l'étude, date de l'étude etc.

#### **(ii) Feuille de calcul "Calendar"**

Dans cette feuille de calcul, l'utilisateur renseigne la structure du calendrier pour chaque année de la période d'étude. Il indique d'abord les jours fériés hebdomadaires (week-ends) et ceux liés aux occasions spéciales (Pâques, Noël etc.) de chaque année de référence de la période d'étude. Puis dans la section suivante de la feuille de calcul, il indique, pour chaque année de référence, les dates de début des différentes saisons de l'année. Quatre saisons sont

considérées dans le modèle, à savoir: hiver, printemps, été et automne. Une saison commençant en fin d'année et se poursuivant au début de l'année suivante peut avoir deux dates de début pour la même année de référence du modèle, une au 1er janvier et la seconde au début de la saison en fin d'année. L'utilisateur doit donc définir les dates de début pour 5 saisons. En fin de tableau, l'utilisateur doit également indiquer le dernier jour de l'année, le 31 décembre. Les dates de début et de fin des saisons spéciales pour chaque année de référence de la période d'étude peuvent être définies plus bas, dans la même feuille de calcul. A titre d'exemple de « saison spéciale », on peut citer le Ramadan dans les pays islamiques, Noël et le jour de l'an dans certains pays chrétiens, ou toute autre période spéciale de l'année, ayant une configuration de consommation d'électricité différente du reste de l'année (par exemple, un grand événement sportif comme les jeux olympiques ou les championnats du monde de football). En fin de feuille de calcul, l'utilisateur doit indiquer la séquence d'une semaine typique (par exemple, de lundi à dimanche dans les pays chrétiens ou de samedi à vendredi dans les pays islamiques) et les jours particuliers quand à la variation horaire de la charge (par exemple, mercredi, en tant que jour ouvrable représentatif, samedi et dimanche dans les pays chrétiens).

### (iii) Feuille de calcul "FinEle"

Dans cette feuille de calcul, l'utilisateur doit spécifier les poids des différents clients dans chacun des quatre secteurs de l'économie du module 2 de MAED. Le nombre maximum de clients est de six pour chacun des secteurs et la somme des poids de tous les clients d'un secteur doit être égale à 100%. Dans le cas de démonstration du manuel, un seul client a été considéré pour chacun des quatre secteurs de l'économie (Industrie, Transport, Ménages et Services). Cependant, l'utilisateur peut changer les noms de ces secteurs aussi bien que le nombre et les noms des clients de chaque secteur.

#### Définition des clients

Il faut noter que le nombre de clients définis dans cette feuille de calcul "FinEle" est très important. Le volume de données d'entrée requises ainsi que les calculs effectués par le modèle, dépendent de cette information. Une cellule blanche sera considérée comme invalide (le nom d'un client doit contenir au moins un caractère alphanumérique). Ainsi, il est primordial que leurs noms soient définis sur des lignes successives en commençant par la première ligne en-dessous de la ligne des années. Par exemple, si 3 clients sont définis comme indiquée en Figure 7.4, le modèle considérera seulement les 2 clients définis dans les deux premières lignes et ignorera le troisième client "ind3" pour ses calculs.

Tableau 1a1a: Pourcentage de clients de type Industrie:							
	unité	2000	2005	2010	2015	2020	2025
ind1	%	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	%	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Figure 7.4. Définition des clients, feuille de calcul "FinEle".

#### (iv) Feuille de calcul “SecEle”

Dans cette feuille de calcul, l'utilisateur doit fournir les informations relatives aux pertes dans le réseau de transport (au niveau de l'ensemble du système) et dans le réseau de distribution (pour chaque secteur), pour chaque année de référence de la période d'étude. Si la pointe de charge calculée par le modèle pour l'année de base n'est pas pratiquement identique à la courbe réelle de cette même année, l'utilisateur peut entrer trois paramètres de correction dans la feuille de calcul: un facteur multiplicatif (%), un terme additif (MW) et la durée (h) autour de la pointe pour lesquels ils doivent être appliqués.

#### (v) Feuille de calcul “LdFac(1)”

Cette feuille de calcul contient un volume important de données d'entrée concernant les coefficients de variation hebdomadaires, journaliers et horaires de la charge électrique. L'information qui doit être fournie par l'utilisateur est répartie en plusieurs Tableaux (de 3a à 3g).

Le Tableau 3a contient les coefficients de modulation hebdomadaires et journaliers de la charge (par type de jour pour une semaine donnée) pour les années de référence de la période d'étude. Les premières colonnes contiennent les coefficients de variation hebdomadaire de la charge pour chaque année considérée (au total 53 coefficients pour chaque année). La première et la dernière semaine peuvent avoir moins de 7 jours en fonction du 1<sup>er</sup> jour de l'année. Mais quoi qu'il en soit, la somme des coefficients hebdomadaires doit être égale à 53.

Dans la partie droite du Tableau 3a, l'utilisateur doit préciser pour chaque semaine les coefficients de variation de la charge en fonction du type de jour de la semaine. Il s'agit donc de sept coefficients pour chaque semaine de l'année (53 semaines). La séquence des jours de la semaine est définie dans la feuille de calcul “Calendar” et est affichée dans la première ligne du tableau. La somme des coefficients pour chaque semaine est affichée dans la dernière colonne, et doit être égale à 7.

Le Tableau 3b présente les coefficients de variation horaire de la charge pour le premier client du secteur Industrie. Ces coefficients sont définis pour les 24 heures de chaque jour typique de la semaine (7 au maximum, mais en général moins) et pour chaque saison (quatre saisons normales et une saison spéciale). La somme des coefficients horaires de chaque jour typique doit être égale à 24. Les Tableaux 3c à 3g contiennent des informations similaires pour les 5 autres clients du secteur Industrie. L'utilisateur doit fournir ces données pour l'ensemble des clients définis dans le Tableau 1a1a de la feuille de calcul “FinEle”.

La description des fonctions des divers boutons et des cellules sur lesquelles l'utilisateur peut double-cliquer dans la feuille de calcul “LdFac(1)” est donnée dans les Figures 7.5, 7.6 et 7.7.

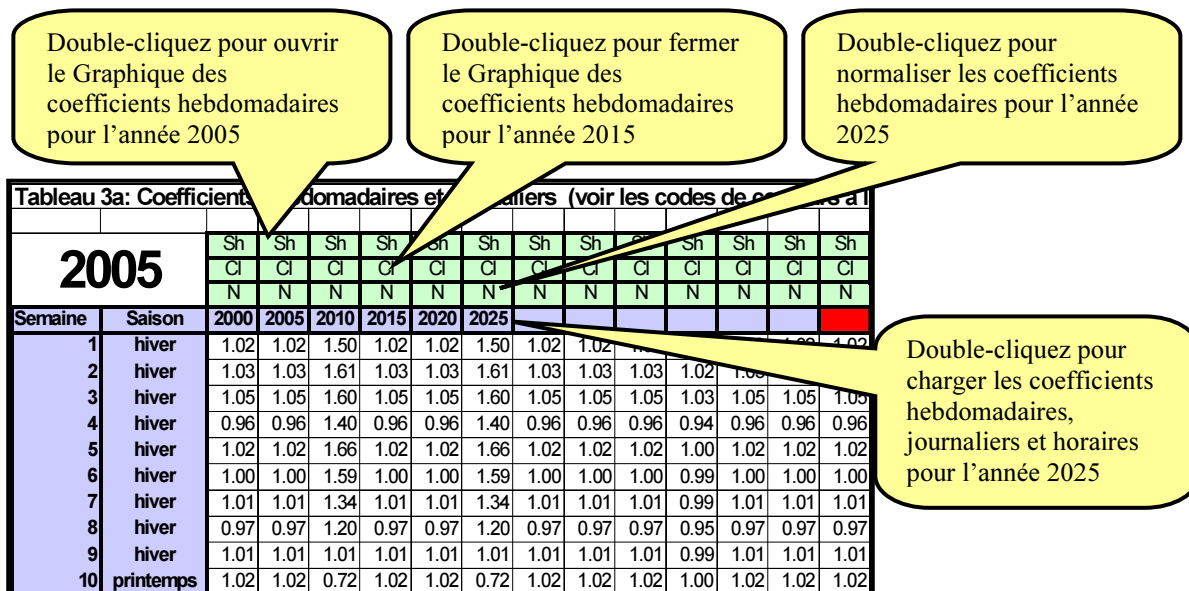


Figure 7.5. Différentes fonctions envisageables pour la section coefficients hebdomadaires du Tableau 3a de la feuille de calcul "LdFac(1)".

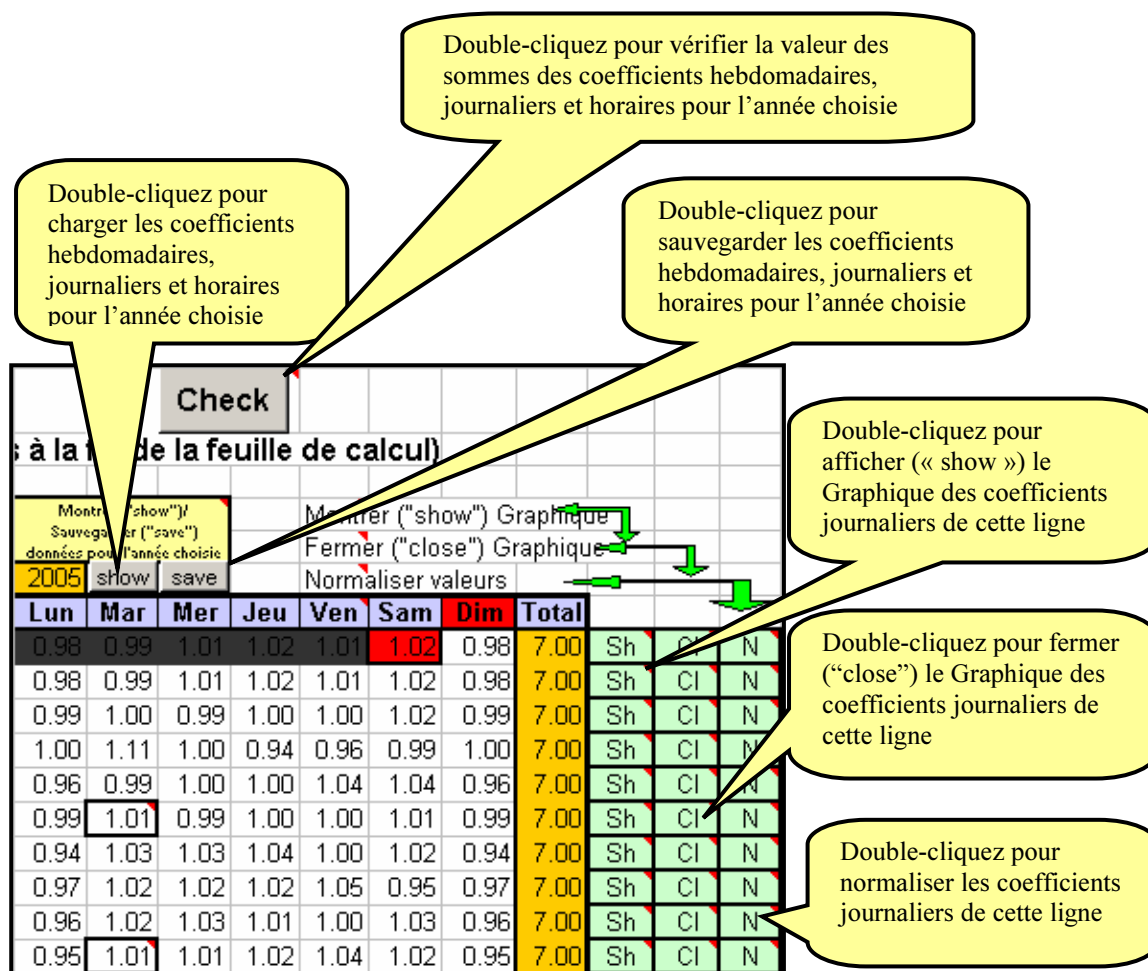


Figure 7.6. Présentation des différents boutons et options « double-clique » disponibles dans la section coefficients journaliers du Tableau 3a de la feuille de calcul "LdFac(1)".



### **Afficher/éditer les données pour une année particulière**

L'utilisateur peut éditer les coefficients hebdomadaires, journaliers et horaires d'une année particulière de la feuille de calcul **SavFac(n)** dans la feuille de calcul **LdFac(n)** de deux manières: (a) soit en double-cliquant sur l'année correspondante dans la ligne contenant les titres des coefficients de variation hebdomadaire de la charge (voir Figure 7.5), (b) soit en cliquant sur le bouton "**Show**" au-dessus des coefficients journaliers de charge (et en choisissant l'année désirée dans le nouveau menu qui apparaît sur l'écran) (voir Figure 7.6).

### **Sauvegarder les données pour une année particulière**

Les données affichées à l'écran pour l'année courante dans la feuille de calcul **LdFac(n)**, peuvent être sauvegardées dans la feuille de calcul "**SavFac(n)**" en cliquant sur le bouton "**Save**" (voir Figure 7.6). Un petit tableau à droite du Tableau 3a indique la date et l'heure de la sauvegarde des données pour chaque année de référence de la période d'étude (voir Figure 6.18 du chapitre précédent de ce manuel).

### **Afficher les données sous forme graphique**

Les coefficients de modulation hebdomadaires, journaliers et horaires peuvent être affichés sous forme graphique en double-cliquant sur la cellule "**Sh**" dans la ligne ou la colonne correspondante comme cela est illustré dans les Figures 7.5, 7.6 et 7.7. Une fois le graphique affiché, la cellule "**Cl**" devient rouge, ce qui signifie que la fenêtre contenant le graphique des coefficients peut être fermée en double-cliquant sur cette cellule "**Cl**" rouge.

### **Fermer la fenêtre du graphique**

La fenêtre du graphique peut être fermée en double-cliquant sur la cellule "**Cl**", voir figures 7.5, 7.6 et 7.7.

**Remarque :** Il est recommandé de travailler avec une taille de fenêtre Excel de 100% pendant l'utilisation des fonctions « affichage » et « fermeture du graphique ».

### **Vérifier la validité des données relatives aux coefficients de modulation**

Cliquez sur le bouton "**Check**" pour vérifier si la somme des coefficients de modulation de la charge est bien égale à 53 dans le cas des coefficients hebdomadaires, à 7 dans le cas des coefficients journaliers et à 24 pour les coefficients horaires. Les messages d'erreur seront affichés dans la section de la feuille de calcul "**Check**", correspondant au type de coefficients et au secteur économique considéré.

### **Normaliser les coefficients de modulation**

Toute série de coefficients hebdomadaires, journaliers ou horaires de modulation de la charge peut être normalisée en double-cliquant sur la cellule "**N**" qui se trouve dans la colonne ou la ligne considérée. La normalisation des coefficients signifie l'ajustement des valeurs des coefficients pour que leur somme soit égale à 53 dans le cas des coefficients hebdomadaires, à 7 dans le cas des coefficients journaliers et à 24 dans le cas des coefficients horaires.

**Remarque:** Les boutons "**Sh**", "**Cl**" et "**N**" se situent dans les lignes au-dessus du Tableau 3a pour les coefficients **hebdomadaires**, à droite du Tableau 3a pour les coefficients **journaliers**, et dans les lignes au-dessous des Tableaux 3b à 3g pour les coefficients **horaires**. Les codes de couleur utilisés dans cette feuille de calcul sont donnés dans la partie basse de la feuille de calcul.

### **(vi) Feuille de calcul "LdFac(2)"**

Cette feuille de calcul contient les mêmes informations que “LdFac(1)” mais pour le secteur **Transport**.

**Tableau 3b: Coefficients horaires pour le secteur Industrie, ind1**

2005	Hiver							Printemps						
	heure	Sam	Dim	Mer	0	0	0	0	Sam	Dim	Mer	0	0	0
00,00	0,93	1,01	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	1,01	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00
01,00	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00
02,00	0,86	0,92	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,92	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00
03,00	0,85	0,93	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,93	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00
04,00	0,86	0,96	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,96	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00
05,00	0,90	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00
06,00	0,97	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00
07,00	1,03	1,02	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	1,02	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00
08,00	1,05	0,99	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,99	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00
09,00	1,02	1,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	1,02	0,99	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	0,99	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00
11,00	1,01	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,98	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00
12,00	1,03	0,99	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,99	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00
13,00	1,01	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,00	1,01	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00
15,00	1,02	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00
16,00	1,06	0,98	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,06	0,98	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00
17,00	1,13	1,04	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	1,04	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00
18,00	1,11	1,06	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	1,06	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	1,11	1,07	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	1,07	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	1,07	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
21,00	1,04	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	1,06	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
22,00	1,02	1,05	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,05	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
23,00	0,99	1,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	1,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	24,0	24,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	24,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh
	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Double-cliquez pour afficher (“show”) le graphique des coefficients horaires de cette colonne

Double-cliquez pour fermer (“close”) le Graphique des coefficients horaires de cette colonne

Double-cliquez pour normaliser les coefficients horaires de cette colonne

Figure 7.7. Différentes options « double-clique » disponibles pour les coefficients horaires des Tableaux 3b à 3g de la feuille de calcul “LdFac(1)”.

**(vii) Feuille de calcul “LdFac(3)”**

Cette feuille de calcul contient les mêmes informations que “LdFac(1)” mais pour le secteur **Ménages**.

**(viii) Feuille de calcul “LdFac(4)”**

Cette feuille de calcul contient les mêmes informations que “LdFac(1)” mais pour le secteur **Services**.

Après avoir entré toutes les données pour les coefficients de modulation hebdomadaires, journaliers et horaires de la charge pour chacun des secteurs, l'utilisateur peut cliquer sur le bouton “**Check**” de chacune des quatre feuilles de calcul “**LdFac(n)**” et vérifier les éventuels messages d'erreur affichés dans la feuille de calcul “**Check**”. En cas de messages d'erreur,

l'utilisateur peut modifier les coefficients des feuilles de calcul "**LdFac(n)**" correspondants aux messages d'erreur.

### **Etape-III: Exécution du Module 2**

Dès que l'utilisateur est satisfait par les données d'entrée relatives aux coefficients de modulation de la charge, il peut accéder à la feuille de calcul "**LDC**". En cliquant sur le bouton "**Calculate**", il déclenche le processus de calcul des charges horaire du système pour chaque année considérée dans l'étude. Les résultats sont sauvegardés/actualisés sous forme numérique dans les feuilles de calcul "**LDC**", "**ChrLDC**" et "**temp**". Cette étape est relativement longue, car elle nécessite un grand volume de calculs effectués automatiquement par le modèle. Pendant l'exécution du modèle, des messages relatifs à l'état d'avancement des calculs sont affichés à l'écran. Les monotones de charge par saison de chaque année de référence de l'étude sont représentées sous forme graphique dans la feuille de calcul "**LDC-G**".

Le Tableau 7.1 présente la liste des boutons disponibles dans les diverses feuilles de calcul du Module 2 de MAED "**MAED-EL.xls**", ainsi qu'une courte description de ces boutons.

### **Etape-IV: Vérification des résultats du modèle**

En fin d'exécution, les résultats sont présentés dans les feuilles de calcul "**LDC**", "**LDC-G**" et "**ChrLDC**" qui ont déjà été décrites dans les sections précédentes de ce manuel. Les caractéristiques de la charge électrique: charge de pointe (MW), énergie (GWh), facteur de charge (%) et nombre d'heures, pour chaque saison et pour l'ensemble de l'année, sont affichées dans la feuille de calcul "**LDC**" pour chaque année considérée dans l'étude. Les monotones de charge, par saison pour chaque année considérée, sont affichées sous forme numérique dans la feuille de calcul "**LDC**" et sous forme graphique dans la feuille de calcul "**LDC-G**". Ces données sont requises par le module LOADSY du modèle WASP (Wien Automatic System Planning Package) développé par l'AIEA pour la planification du développement de systèmes de production d'énergie électrique. Cependant, si l'utilisateur décide d'utiliser dans WASP un nombre de périodes par an différent de quatre, ces données ne pourront pas être utilisées directement. Dans ce cas, l'utilisateur devra engendrer lui-même les monotones de charge pour LOADSY en utilisant les charges horaires chronologiques de la feuille de calcul "**ChrLDC**" du module MAED\_EL.

Les valeurs des charges horaires chronologiques et les monotones de charge engendrées par le modèle doivent être comparées avec les charges réalisées dans l'année de base de l'étude et l'utilisateur doit essayer d'expliquer les écarts constatés entre ces deux séries de valeurs, si il y'a lieu. Si les résultats de MAED\_EL ne concordent pas avec les attentes de l'utilisateur, il doit vérifier à nouveau les données d'entrée du module et répéter éventuellement les étapes II à IV.

Tableau 7.1. Description des boutons disponibles dans les diverses feuilles de calcul du classeur <MAED-EL.xls> de MAED

Bouton	Feuille(s) de calcul	Description
TOC	Toutes les feuilles de calcul, excepté MAED_EL, MAED_D_data, check, ChrLDC, SvFac(1), SvFac(2), SvFac(3), SvFac(4), et temp	Accéder à la feuille de calcul "TOC".
Notes	TOC	Accéder à la feuille de calcul "Notes".
Descr	TOC	Accéder à la feuille de calcul "Descr".
MAED_D-data	TOC	Accéder à la feuille de calcul "MAED_D_data".
FinEle	TOC	Accéder à la feuille de calcul "FinEle".
SecEle	TOC	Accéder à la feuille de calcul "SecEle".
LdFac(1)	TOC	Accéder à la feuille de calcul "LdFac(1)".
LdFac(2)	TOC	Accéder à la feuille de calcul "LdFac(2)".
LdFac(3)	TOC	Accéder à la feuille de calcul "LdFac(3)".
LdFac(4)	TOC	Accéder à la feuille de calcul "LdFac(4)".
LDC	TOC	Accéder à la feuille de calcul "LDC".
LDC-G	TOC	Accéder à la feuille de calcul "LDC-G".
LDC(2)	TOC	Accéder à la feuille de calcul "temp".
Check	LdFac(1), LdFac(2), LdFac(3), LdFac(4)	Vérifier la somme des coefficients de modulation hebdomadaires, journaliers ou horaires. Les résultats sont affichés dans la feuille de calcul "check".
show	LdFac(1), LdFac(2), LdFac(3), LdFac(4)	Editer les données relatives aux coefficients de modulation hebdomadaires, journaliers et horaires d'une année particulière dans la feuille de calcul "SvFac(?)" correspondante.
save	LdFac(1), LdFac(2), LdFac(3), LdFac(4)	Sauvegarder les coefficients de modulation hebdomadaires, journaliers et horaires d'une année particulière dans la feuille de calcul "SvFac(?)" correspondante.
Calculate	LDC	Commencer le calcul des charges horaires du système pour chaque année considérée dans l'étude. Les résultats de ces calculs seront sauvegardés/actualisés dans les feuilles de calcul "LDC", "ChrLDC" et "temp".
Print	LDC	Exporter les données concernant la pointe annuelle de charge, les poids des pointes de charge saisonnières par rapport à la pointe annuelle et les monotones de charge saisonnières pour les quatre saisons considérées dans MAED vers un fichier spécifié par l'utilisateur à l'aide du bouton "Output file". Le format de ce fichier correspond exactement à celui requis par le module LOADSY du modèle WASP, de planification du développement de systèmes de production d'énergie électrique, développé par l'AIEA.
Output file:	LDC	Spécifier/choisir le fichier où seront exportés les résultats de MAED après avoir cliqué sur le bouton "Print".
GRAPH	LDC	Accéder à la feuille de calcul "LDC-G" contenant les graphiques des monotones de charge.
Clear temp data	LDC	Effacer les informations contenues dans la feuille de calcul "temp" afin de réduire la taille du classeur "MAED_EL.xls".
DATA	LDC-G	Revenir à la feuille de calcul "LDC" contenant les données numériques des monotones de charge.

## 8 BASE THEORIQUE DU MODULE 2 DE MAED

Comme cela a déjà été mentionné, l'objectif principal du Module 2 de MAED est de convertir la demande totale annuelle d'électricité de chacun des quatre secteurs économiques considérés dans le modèle (Industrie, Transport, Ménages, et Services) en demande horaire de puissance électrique pour ces mêmes secteurs. L'approche méthodologique générale utilisée dans le Module 2 de MAED est décrite dans ce chapitre du manuel d'utilisation. La demande annuelle d'électricité d'un secteur consommateur est convertie en puissance électrique requise par le même secteur pour une heure donnée, un jour donné et une semaine donnée de la même année en tenant compte des facteurs suivants:

- (i) L'évolution du taux moyen de croissance de la demande d'électricité pendant l'année;
- (ii) La variation de la consommation d'électricité due à l'impact saisonnier (qui peut être exprimé par semestre, trimestre, mois ou semaine);
- (iii) L'impact du type de jour considéré sur la consommation d'énergie électrique (s'il s'agit d'un jour ouvrable, d'un jour de week-end etc.);
- (iv) La variation de la consommation d'énergie électrique en fonction de la période du jour considérée (s'il s'agit du matin, du midi, du soir etc.).

Chacun de ces facteurs est représenté par un certain coefficient qui reflète la variation (modulation) de la puissance électrique requise par le secteur (d'où le nom "coefficients de modulation de la charge"). Chaque coefficient peut être vu comme le reflet de la variation de la consommation d'énergie électrique du secteur par rapport à la consommation "étalon" du secteur. Le terme "étalon" signifie ici la consommation d'un jour ouvrable équivalent.

L'objectif général de la méthodologie est de calculer la puissance électrique requise par un secteur consommateur du réseau électrique à l'heure  $h$ , du jour  $j$ , de la semaine  $i$  de l'année, par rapport à la puissance requise par le même secteur à la même heure d'un jour ouvrable équivalent moyen. Pour effectuer ces calculs, on utilise la méthodologie suivante:

### Identification du jour dans le calendrier

Dans le modèle MAED, l'année est divisée en quatre saisons et une saison spéciale, qui peut avoir une structure de consommation d'énergie électrique différente de celle des quatre saisons. L'utilisateur définit la date du premier jour de chaque saison, pour chaque année de référence de la période d'étude, pour identifier les différentes saisons de l'année, mais aussi les dates de début et de fin de la période spéciale. Il spécifie également la séquence des jours de la semaine (par exemple, du lundi au dimanche dans les pays chrétiens et du samedi au vendredi dans les pays islamiques) et les jours représentatifs de la variation horaire de la charge (par exemple, mercredi comme jour ouvrable représentatif, samedi et dimanche dans les pays chrétiens).

### Prise en compte du taux de croissance de la demande d'électricité pendant l'année: Coefficients $T(i)$

Pour parvenir à un jour étalon, la première correction à effectuer correspond à l'évolution générale de la croissance de la consommation d'électricité pendant l'année. Cette évolution est représentée par un "déflateur" calculé sur une base hebdomadaire (52 valeurs pour une année). Le déflateur de la consommation brute d'électricité (c'est à dire le taux de croissance) pour la semaine " $i$ " est alors donné par la formule :

$$T(i) = \left[ 1 + \frac{GROWTH}{100} \right]^{\left( \frac{i-26}{52} \right)}$$

où GROWTH est le taux moyen annuel de croissance de la demande d'électricité du secteur considéré entre deux années successives, spécifié par l'utilisateur pour la première année ou calculé par le logiciel à partir des informations importées du fichier <MAED\_D.xls> pour les années suivantes.

### **Coefficients de pondération saisonniers: K(i)**

Pour tenir compte de l'impact des différentes saisons sur la consommation d'électricité d'un secteur, le modèle utilise un "déflateur saisonnier". Pour une période "i" donnée (semestre, trimestre, mois ou semaine), K(i) représente le poids moyen de cette période dans la consommation totale d'électricité de l'année.

La somme des valeurs K(i) pour une année donnée doit être égale au nombre total de périodes de division de cette année. (Remarques: La division de l'année en saisons dépendra de la disponibilité des données pour le pays étudié, car cette division nécessitera la préparation de nombreuses données d'entrée. Par ailleurs, les coefficients K(i) ne devront refléter que les variations de la demande engendrées par les effets saisonniers. Il faudra donc soustraire l'effet de l'évolution de la croissance de la consommation de l'année considérée, avant de calculer les valeurs de ces coefficients. La Section C.4 de la Référence 12 présente la méthode de calcul des coefficients de modulation à partir de la courbe de charge électrique chronologique d'un secteur donné).

Dans le Module 2 de MAED, la semaine a été choisie comme unité élémentaire de temps pour représenter les variations saisonnières et, par conséquent, 53 coefficients K(i) doivent être fournis comme données d'entrée pour chaque année de référence de la période d'étude, en gardant à l'esprit qu'au moins une des deux semaines, de début et de fin de l'année, ne sera pas complète. Si l'utilisateur veut conserver les mêmes coefficients pour les années futures, il peut le faire. Le seul calcul effectué par le logiciel vis-à-vis de ces coefficients est la vérification de la relation suivante:

$$\sum_{i=1}^{53} K(i) = 53$$

Si la somme des coefficients n'est pas égale à 53, la cellule affichant cette somme sur l'écran devient rouge, ce qui constitue un message d'avertissement pour l'utilisateur.

### **Coefficients de pondération journaliers: P(i, id)**

Ce type de coefficient reflète les fluctuations de la consommation d'électricité en fonction du type de jour considéré (jour ouvrable, samedi, dimanche etc.). L'objectif général de cet exercice étant de comparer la consommation d'électricité de chaque jour à la consommation d'un jour ouvrable moyen de la semaine, le poids du jour ouvrable moyen est pris égal à 1.0, et les poids des autres types de jours sont calculés en rapportant leur consommation d'électricité à celle du jour ouvrable moyen, par exemple 0.8 le samedi, 0.7 le dimanche, etc.

En général, ces coefficients fluctuent pendant l'année en fonction de la période considérée (dans MAED, la semaine, comme cela a déjà été mentionnée dans les sections précédentes), c'est pourquoi ils sont mieux représentés par la variable P(i, id), I = 1, 53 et id = 1, 7. Une fois encore, ces coefficients doivent être spécifiés comme données d'entrée pour chaque année de référence de la période d'étude. Si l'utilisateur ne souhaite pas modifier les valeurs des coefficients pour les années futures, il peut conserver les valeurs utilisées pour l'année de base.

## Coefficients de modulation horaires: LCS(h, id)

Les coefficients de modulation horaires reflètent le poids de la consommation d'énergie électrique au cours des 24 heures d'une journée. Chaque heure "h" d'un jour typique recevra un coefficient correspondant au niveau de consommation d'énergie électrique de l'heure considérée par rapport à une consommation horaire moyenne, de telle sorte que la somme des coefficients pour un jour soit égale à 24.

En général, ces coefficients dépendent de la saison de l'année et du jour de variation horaire de la charge considéré dans l'étude. Les jours typiques de variation horaire de la charge ont déjà été définis au début de ce chapitre. Ils peuvent correspondre à n'importe quel jour de la semaine (par exemple, mercredi, en tant que jour ouvrable représentatif, samedi et dimanche). En ce qui concerne la variation de la charge en fonction de la période de l'année, le logiciel permet de différencier la consommation des quatre saisons et de la saison spéciale. Pour chaque secteur on peut considérer plusieurs types de clients ou de consommateurs, avec des caractéristiques différentes de variation de la charge pendant la journée.

Chaque type de client -ic- (dans MAED, l'utilisateur peut définir jusqu'à 6 clients pour chaque secteur) a un poids pour chaque type de jour -id- (dans ce cas -id- peut être inférieur à 7, en fonction du nombre de jours typiques choisi pour refléter la variation horaire de la charge) et pour chaque saison -is- (quatre saisons et une période spéciale sont considérées), égal à  $-LCONT_{is}(ic,id)-$  et une variation horaire de la demande d'électricité  $-LCOEF(h,ic,id)-$ , tout deux spécifiés comme données d'entrée. Par conséquent, à partir de ces données, le logiciel calcule les coefficients horaires agrégés  $LCS_{is}$  du secteur pour chaque saison -is-, grâce à la relation suivante:

$$LCS_{is}(h, id) = \sum_{ic=1}^6 LCONT_{is}(ic, id) * LCOEF_{is}(h, ic, id)$$

Avant d'effectuer ces calculs, le logiciel vérifie les relations suivantes pour toutes les saisons is-:

$$\sum_{ic=1}^6 LCONT_{is}(ic, id) = 100$$

et

$$\sum_{h=1}^{24} LCOEF_{is}(h, ic, id) = 24$$

Si ces relations ne sont pas vérifiées, le logiciel avertit l'utilisateur en changeant la couleur de la cellule « somme des coefficients horaires pour un type de jour particulier » en rouge, dans la feuille de calcul correspondante.

Les valeurs des paramètres LCONT et LCOEF doivent être spécifiées comme données d'entrée pour chaque année de référence de la période d'étude. Si l'utilisateur veut garder des valeurs identiques à celles de l'année de base pour les années futures, il peut les conserver.

## Nombre de jours ouvrables équivalents dans une année

A partir des coefficients mentionnés auparavant et déjà identifiés, on définit le nombre total de jours ouvrables équivalents pour une année et un secteur donné par:

$$N = \sum_{m=1}^{NODAYT} P(i, id) * K(i) * T(i)$$

où NODAYT est le nombre total de jours de l'année, -id- indique le type de jour et -i- indique le numéro de la semaine correspondant au jour m du calendrier.

La consommation d'énergie électrique du secteur pour le jour ouvrable équivalent est alors donnée par:

$$EWDS = ENERGY / N$$

où **ENERGY** est la consommation annuelle d'électricité du secteur, estimée à partir du Module 1 de MAED, et relative à l'année faisant l'objet de l'étude,.

### Détermination de la demande horaire moyenne de puissance du secteur

La consommation totale d'électricité du secteur, pour le jour -m- de l'année faisant l'objet de l'étude est donnée par:

$$E(m) = EWDS * K(i) * T(i) * P(i,id) \quad \text{où -id- est le type de jour.}$$

La demande de puissance électrique du secteur -it- pour l'heure -h- du jour -m- est donnée par:

$$PV_{is}(it, h, m) = E(m) * LCS_{is}(h,id) / 24$$

Finalement, on calcule la demande totale annuelle d'électricité du secteur -it- :

$$ESUM(it) = \sum_{m=1}^{NODAYT} E(m)$$

### Détermination de la demande de puissance horaire (ou charge électrique) imposée au système de production d'énergie électrique du pays

La méthodologie qui vient d'être présentée est appliquée à chacun des quatre secteurs considérés dans le modèle, c.-à.-d. Industrie, Transport, Ménages et Services. Une fois la demande annuelle totale et les charges horaires de tous les secteurs déterminées, le logiciel calcule la demande annuelle totale (ET) du système de production d'énergie électrique du pays et le taux de croissance (GROWAV) de cette demande pour l'année étudié, grâce aux relations suivantes:

$$ET = \sum_{it=1}^4 ESUM(it)$$

$$GROWAV = \sum_{it=1}^4 ESUM(it) * GROWTH(it) / ET$$

La charge électrique totale imposée au système de production d'énergie électrique pour l'heure -h- est finalement obtenue en additionnant les charges de l'ensemble des secteurs :

$$PT_{is}(h, m) = \sum_{it=1}^4 PV_{is}(it, ih, m)$$



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Jenkins, R. and Joy, D., Wien Automatic System Planning Package (WASP): An Electric Expansion Utility Optimal Generation Expansion Planning Computer Code, Oak Ridge National Laboratory, Rep. ORNL-4925, USA (1974).
- [2] Market Survey for Nuclear Power in Developing Countries: General report, IAEA, Vienna, Austria (1973).
- [3] Market Survey for Nuclear Power in Developing Countries, 1974 Edition, IAEA, Vienna, Austria (1974).
- [4] WASP-III Version for IBM-PC (ADB Version), IAEA Internal Document, Vienna, Austria (1987).
- [5] Wien Automatic System Planning (WASP) Package – A Computer Code for Power Generating System Expansion Planning, Version WASP-III Plus User's manual, Volume I: Chapters 1-11, Volume II: Appendices, IAEA Computer Manual Series No. 8, Vienna, Austria (1995).
- [6] Wien Automatic System Planning (WASP) Package – A Computer Code for Power Generating System Expansion Planning, Version WASP-IV User's Manual, IAEA Computer Manual Series No. 16, Vienna, Austria (2001).
- [7] Château, B., Lapillonne, B., La prévision à long terme de la demande d'énergie: Essai de renouvellement des méthodes, Thèse de 3ème cycle, Institut Economique et Juridique de l'Énergie, Université de Grenoble, France (1977).
- [8] Lapillonne, B., MEDEE-2: A Model for Long Term Energy Demand Evaluation, RR-78-17, IIASA, Laxenburg, Austria (1978).
- [9] Hoelzl, A., A Computer Program for Energy Demand Analysis by the MEDEE Approach: Documentation of the MEDEE-2 Version used in IIASA's Energy Systems Program (1980).
- [10] Energy Systems Program Group of IIASA (BK-81-203, 1981), (W. Haefele, Program Leader), Energy in a Finite World (Vol. 2), A Global Systems Analysis, Ballinger, Cambridge, Massachusetts, USA.
- [11] Etude Nucléo-énergétique pour l'Algérie – Etude réalisée conjointement par la Société Nationale de l'Electricité et du Gaz de l'Algérie et l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Vienne, Austria (1984).
- [12] Model for Analysis of the Energy Demand (MAED), Users' Manual for Version MAED-1, IAEA-TECDOC-386, Vienna, Austria (1986).
- [13] MAED-1 Version for IBM-PC, IAEA Internal Document, Vienna, Austria (1988).
- [14] Energy and Power Evaluation Program (ENPEP), Documentation and User's Manual, ANL/EES-TM-317, Argonne National Laboratory, USA (1987).

- [15] Energy and Electricity Planning Study for Jordan up to the Year 2010, IAEA-TECDOC-439, Vienna, Austria (1987).
- [16] Energy and Nuclear Power Planning Study for Thailand, IAEA-TECDOC-518, Vienna, Austria (1989).
- [17] Experience with WASP and MAED among IAEA member States Participating in the Regional Co-operative Agreement (RCA) in Asia and the Pacific Region (Proceedings of a RCA Workshop, Kuala Lumpur, 5-9 December 1988, IAEA-TECDOC-528, Vienna, Austria (1989).
- [18] Experience in Energy and Electricity Supply and demand Planning with Emphasis on MAED and WASP among Member States of Europe, Middle East and North Africa (Proceedings of a Workshop, Nicosia, Cyprus, 11-15 December 1989, IAEA-TECDOC-607, Vienna, Austria (1991).
- [19] Energy and Nuclear Power Planning Study for Romania (Covering the Period 1989-2010), IAEA-TECDOC-820, Vienna, Austria (1995).
- [20] Energy and Nuclear Power Planning Using the IAEA's ENPEP Computer Package, IAEA-TECDOC-963, Vienna, Austria (1997).
- [21] Energy and Nuclear Power Planning Study for Pakistan (Covering the Period 1993-2023), IAEA-TECDOC-1030, Vienna, Austria (1998).
- [22] Energy and Nuclear Power Planning Study for Armenia, IAEA-TECDOC-1404, Vienna, Austria (2004).
- [23] Energy Supply Options for Lithuania, IAEA-TECDOC-1408, Vienna, Austria (2004).

## COLLABORATEURS

Alkhatib, A.	Syrian Atomic Energy Commission, Damascus, Syrian Arab Republic
Bui, T.D.	Agence Internationale de l'Energie Atomique
Concha, I.A.	Agence Internationale de l'Energie Atomique
Champetier, C.	Agence Internationale de l'Energie Atomique
Gritsevskiy, A.	Agence Internationale de l'Energie Atomique
Jalal, A.I.	Agence Internationale de l'Energie Atomique
Khan, A.M.	Global Change Impact Studies Centre, Islamabad, Pakistan
Kizhakkekara, J.	Agence Internationale de l'Energie Atomique
Latif, M.	Pakistan Atomic Energy Commission, Islamabad, Pakistan
Molina, P.E.	Agence Internationale de l'Energie Atomique
Naqvi, F.	Pakistan Atomic Energy Commission, Islamabad, Pakistan
Strubegger, M.	International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria
Valcreanu, G.	Agence Internationale de l'Energie Atomique (Ancien employé)
Vera, I.	Agence Internationale de l'Energie Atomique (Ancien employé)



AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE  
VIENNE