Évaluation de la qualité environnementale, du fonctionnement énergétique des espaces batis à Madagascar : application des outils de simulation sur un site universitaire d'Antsiranana

Manitra Pierrot Ranjaranimaro

▶ **To cite this version:**

Manitra Pierrot Ranjaranimaro. Évaluation de la qualité environnementale, du fonctionnement énergétique des espaces batis à Madagascar : application des outils de simulation sur un site universitaire d'Antsiranana. Architecture, aménagement de l'espace. Université de la Réunion; Université Nord (Antsiranana), 2019. Français. NNT : 2019LARE0011 . tel-02172148

HAL Id: tel-02172148
https://theses.hal.science/tel-02172148

Submitted on 3 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THESE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

L'Université de la Réunion et L'Université d'Antsiranana

Ecole Doctorale :

Sciences Technologies et Santé (STS)

Energies Renouvelables et Environnement (ENRE)

Spécialité doctorale :

« Physique énergetique appliquée au bâtiment »

« Electronique et informatique industrielles »

présentée et soutenue publiquement par

Manitra Pierrot RANJARANIMARO

le 28 février 2019

EVALUATION DE LA QUALITE ENVIRONNEMENTALE, DU FONCTIONNEMENT ENERGETIQUE DES ESPACES BATIS A MADAGASCAR

Application des outils de simulation sur un site universitaire d'Antsiranana

---

Directeur de thèse : **Pr. Jean Claude GATINA**

Co-Directeur de thèse : **Pr. Jean Marie RAZAFIMAHENINA**

Jury :

M. Chrysostôme RAMINOSOA	Professeur Titulaire	Président
Mme. Bienvenue Ranaivo RABEHAJA	Professeur Titulaire	Rapporteur
M. Michel Aimé RANDRIAZANAMPARANY	Professeur Titulaire	Rapporteur
M. Rabevala RAJAONAH	Professeur Titulaire	Examinateur
M. Damien FAKRA	Docteur, Ingénieur	Examinateur

Laboratoire PIMENT
Equipe d'accueil EA 4518
117 rue Général Ailleret, 974 Le Tampon, La Réunion, France

SOMMAIRE

CHAPITRE I. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE DANS LE MONDE ET A MADAGASCAR 9

I.1. INTRODUCTION 9
I.2. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE MONDIALE 9
I.3. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE EN FRANCE 14
I.4. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE A MADAGASCAR 18
I.5. DEVELOPPEMENT DURABLE 22
I.6. TRANSITION ECOLOGIQUE 22
I.7. TRANSITION ENERGETIQUE 23
I.8. CONCLUSION 24

CHAPITRE II. ETAT DE L'ART, METHODOLOGIE ET OUTILS EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET ENERGETIQUE 27

II.1. INTRODUCTION 27
II.2. DESCRIPTION D'UN SYSTEME COMPLEXE PAR APPROCHE SYSTEMIQUE 27
II.3. DESCRIPTION TYPOLOGIQUE DANS LE CADRE DE L'ETUDE 31
II.4. ANALYSE DE CYCLE DE VIE 35
II.5. CONCLUSION 43

CHAPITRE III. CONCEPTION, REALISATION ET APPLICATION D'UN OUTIL ACV AUTOUR DES FLUX MATIERE DANS UN ESPACE BATI.....47

III.1. INTRODUCTION 47
III.2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE DE LA CONCEPTION 47
III.3. CONCEPTION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE 81
III.4. ASPECTS METHODOLOGIQUES DE LA CONCEPTION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE 85
III.5. MODELISATION PAR APPROCHE ORIENTEE OBJET 87
III.6. REALISATION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE 91
III.7. CONCLUSION 117

CHAPITRE IV. OUTILS ET ANALYSE DES FLUX D'ENERGIE ELECTRIQUE EN PHASE DE FONCTIONNEMENT DE L'ESPACE BATI.....121

IV.1. INTRODUCTION 121
IV.2. ANALYSE DE FLUX D'ENERGIE – SIGNATURE DE CONSOMMATION ENERGETIQUE 122
IV.3. MISE EN ŒUVRE D'UN FICHIER DE CONSOMMATION HORAIRE 170
IV.4. CONCLUSION 179

CHAPITRE V. PILOTAGE DE LA DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE DANS UN ESPACE BATI INTEGRANT DES ENERGIES RENOUVELABLES 183

V.1. INTRODUCTION 183
V.2. PRESENTATION DES SYSTEMES 183
V.3. PRESENTATION DU SYSTEME DE PRODUCTION 186
V.4. PRESENTATION DU SYSTEME DE CONSOMMATION 199
V.5. PRESENTATION DES AUTRES SYSTEME ET FICHIERS 199
V.6. PRESENTATION DES SCENARII DE PILOTAGE 199
V.7. REALISATION DE L'OUTIL DE PILOTAGE 212
V.8. APPLICATION AU BATIMENT MASTER 216
V.9. COMPARAISON DES SCENARII 231
V.10. REALISATION D'UN DISPOSITIF DE COMMANDE DU PILOTAGE : DU VIRTUEL AU REEL 232
V.11. CONCLUSION 240

REMERCIEMENTS

L’élaboration de ce travail de thèse n’a été rendue possible que grâce à la collaboration de plusieurs personnes. Ainsi, je tiens à remercier et je veux exprimer ma profonde gratitude à :

L’Université de la Réunion, l’Université d’Antsiranana et le laboratoire PIMENT d’avoir mis en œuvre cette thèse en co-tutelle, de m’avoir accueilli et apporté la logistique nécessaire pour la réalisation de cette thèse.

Je tiens particulièrement à exprimer ma profonde gratitude à mes Directeurs de thèse, Monsieur Jean Claude GATINA, Professeur à l’Université de la Réunion, et Monsieur Jean Marie RAZAFIMAHENINA, Professeur Titulaire à l’Université d’Antsiranana, qui ont bien voulu diriger ce travail et n’ont cessé de m’orienter. Je me permets de leur exprimer mes sincères remerciements pour leur disponibilité, leurs conseils précieux qu’ils m’ont prodigués et pour leurs aides durant toute la période d’élaboration de ce travail. J’ai été extrêmement sensible à leurs qualités humaines d’écoute et de compréhension tout long de ce travail doctoral.

Mes remerciements les plus respectueux vont également à Madame Bienvenue Ranaivo RABEHAJA, Professeur Titulaire à l’Ecole Supérieur Polytechnique d’Antananarivo et Monsieur Michel Aimé RANDRIAZANAMPARANY Michel Aimé, Professeur Titulaire à l’Université d’Antsiranana, qui m’ont fait l’honneur d’être les rapporteurs de ce travail. Qu’ils trouvent ici l’expression de ma profonde reconnaissance.

Je remercie également les membres du jury : Monsieur Chrysostôme RAMINOSOA, Professeur Titulaire à l’Université d’Antsiranana en même temps Directeur de l’Ecole Doctorale Energies Renouvelables et Environnement, Monsieur Rabevala RAJAONAH, Professeur Titulaire à l’Université d’Antsiranana et Monsieur Damien FAKRA, Docteur Ingénieur à l’Université de la Réunion d’avoir accepté d’évaluer ce travail.

Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans l'aide de différents financeurs qui, au travers de leur soutien matériel, ont reconnu mon travail et m’ont fait confiance : l’AUF l’Université de la Réunion à travers son projet ERASMUS+.

Mes remerciements s’adressent également à Monsieur Jean Lalaina RAKOTOMALALA et l’ensemble du personnel l’Institut Supérieur de Technologie

d’Antananarivo qui m’ont toujours soutenu avec cette question récurrente, « quand est-ce que tu la soutiens cette thèse ? », bien qu’angoissante en période fréquente de doutes, m’ont permis de ne jamais dévier de mon objectif final

Ces remerciements seraient incomplets si je n'en adressais pas à l'ensemble des chercheurs du laboratoire PIMENT pour leur soutien logistique et moral ainsi que pour la très bonne ambiance que j'ai toujours trouvée. Je remercie plus particulièrement Monsieur Alain BASTIDE, Professeur à l’Université de la Réunion et Directeur du laboratoire pour nos nombreuses discussions et la confiance qu'il a manifestée à l'égard de mon travail.

Je voudrais adresser un remerciement particulier à tous les collègues et les personnes qui, de près ou de loin, m’ont aidé et soutenu.

Enfin, je remercie ma femme, mes enfants et ma famille pour leur soutien quotidien indéfectible et leur enthousiasme contagieux à l’égard de mes travaux comme de la vie en général.

RESUME

Le secteur du bâtiment participe à hauteur de plus de 50% de la consommation d'énergie à l'échelle mondiale. Cette consommation ne cesse d'augmenter depuis ces trente dernières années. L'impact environnemental de la consommation d'énergie au niveau de ce secteur est en évolution permanente malgré les recommandations prises durant les COP. Ces constatations sont valables pour la France métropolitaine et aussi pour le cas de Madagascar. Au-delà de la maitrise de la consommation d'énergie, en phase de fonctionnement d'un espace bâti, nous devons également prendre en compte les impacts environnementaux de la phase de construction notamment en ce qui concerne les indicateurs de changement climatique, des maitrises de ressources et de la pollution. Cette thèse s'articule autour de trois concepts. En premier lieu, il s'agit de l'analyse des flux matière autour de leurs caractéristiques techniques et de leurs impacts environnementaux et économiques lors de la construction de l'espace bâti. Dans un second temps, notre analyse se focalise sur l'analyse de flux d'énergie en vue de connaitre la signature énergétique et environnementale du fonctionnement de l'espace bâti et de la mise en œuvre d'un fichier horaire traduisant les caractéristiques de la consommation d'énergie (Profil de consommation journalier et annuel). En dernier lieu, nous abordons également la problématique du pilotage de la distribution de l'énergie électrique dans un espace bâti en vue de dimensionner un système de production d'EnR et un système de stockage et de lisser la courbe de consommation au niveau du réseau de distribution.

Mots-clés : approche systémique, approche typologique, Analyse de Cycle de Vie, espace bâti, flux d'énergie, flux matière, typologie de produit, poste de consommation énergétique, production d'EnR, pilotage de la distribution électrique

LISTE DES FIGURES

FIGURE I-1 : RESERVES MONDIALES D'ENERGIE FOSSILES 10
FIGURE I-2 : CONSOMMATION MONDIALE D'ENERGIE PRIMAIRE [MTPE] ET EMISSIONS DE CO_2 [MT] 11
FIGURE I-3 : CONSOMMATION MONDIALE D'ENERGIE PAR SECTEUR D'ACTIVITE 12
FIGURE I-4 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE DANS LE MONDE 12
FIGURE I-5 : CONSOMMATION ELECTRIQUE DANS LE MONDE PAR SECTEUR 13
FIGURE I-6 : CONSOMMATION DE LA FRANCE D'ENERGIE PRIMAIRE [MTPE] 14
FIGURE I-7 : MIX ELECTRIQUE DE LA FRANCE EN 2017 15
FIGURE I-8 : CONSOMMATION DE LA FRANCE D'ENERGIE PAR SECTEUR D'ACTIVITE 16
FIGURE I-9 : CONSOMMATION D'ELECTRICITE DU SECTEUR RESIDENTIEL FRANCE 17
FIGURE I-10 : EVOLUTION DES EMISSIONS DE CO_2 DE LA FRANCE 17
FIGURE I-11 : MIX ENERGETIQUE DE MADAGASCAR 19
FIGURE I-12 : PRODUCTION D'ELECTRIQUE DE MADAGASCAR EN 2015 19
FIGURE I-13 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE DE MADAGASCAR 20
FIGURE I-14 : REPARTITION DE LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE PAR SECTEUR D'ACTIVITE 20
FIGURE I-15 : EVOLUTION DES EMISSIONS DE CO_2 DE MADAGASCAR 21
FIGURE II-1 : DESCRIPTION SYSTEMIQUE ET TYPOLOGIQUE DE L'ANALYSE DES FLUX MATIERE 30
FIGURE II-2 : DESCRIPTION DES TYPOLOGIES DE PRODUITS NIVEAU 0 DES FLUX DE MATIERE 32
FIGURE II-3 : DESCRIPTION DES PRODUITS GROS ŒUVRE ET DES SOUS NIVEAUX 32
FIGURE II-4 : DESCRIPTION DES PRODUITS SECOND ŒUVRE ET DES SOUS-NIVEAUX 33
FIGURE II-5 : DESCRIPTION DES PRODUITS D'ÉQUIPEMENTS ET SOUS-NIVEAUX 34
FIGURE II-6 : LES ETAPES DE CYCLE DE VIE D'UN PRODUIT 36
FIGURE II-7 : LE PROCESSUS NORMALISE D'UNE ACV 36
FIGURE II-8 : DEMARCHE POUR LA DEFINITION DES OBJECTIFS ET DES CHAMPS DE L'ETUDE 37
FIGURE II-9 : DEMARCHE DE L'INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE 38
FIGURE II-10 : DEMARCHE POUR L'EVALUATION DES IMPACTS 39
FIGURE II-11 : DEMARCHE D'INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'INVENTAIRE 40
FIGURE III-1 : DEMARCHE METHODOLOGIQUE DE LA CONCEPTION DE L'OUTIL D'ANALYSE DES FLUX MATIERES. 48
FIGURE III-2 : PLAN D'IMPLANTATION, VUE DU CIEL DU SYSTEME ESPACE BATI 49
FIGURE III-3 : CONSULTATION DES PLANS D'URBANISME 51
FIGURE III-4 : ADAPTATION TOPOLOGIQUE DU SITE D'ETUDE 52
FIGURE III-5 : PHASE PRELIMINAIRE DE L'ANALYSE ARCHITECTURAL 53
FIGURE III-6 : DEMARCHE DE LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE 54
FIGURE III-7 : VUE EN PERSPECTIVE DU BATIMENT MASTER 54
FIGURE III-8 : POSITIONNEMENT ET DE LA TAILLE DES OUVERTURES DU BATIMENT MASTER 55
FIGURE III-9 : MODELISATION 3D DES ESPACES FONCTIONNELS DU BATIMENT MASTER 55
FIGURE III-10 : REPRESENTATION 3D DES ESPACES FONCTIONNELS DU BATIMENT MASTER 56
FIGURE III-11 : OUTILS D'ANALYSE STRUCTURALE 59
FIGURE III-12 : PRINCIPE DE L'ANALYSE THERMIQUE 65
FIGURE III-13 : OUTILS D'ANALYSE TECHNIQUE EN PSO 66
FIGURE III-14 : OUTILS D'ANALYSE TECHNIQUE EN PE 66
FIGURE III-15 : RENDU GEOMETRIQUE DU MODELE 67
FIGURE III-16 : DELIMITATIONS DES ZONES THERMIQUES 67
FIGURE III-17 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE OPERATIVE BATIMENT MASTER - ZONE 1 (JUIN) 68
FIGURE III-18 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE OPERATIVE BATIMENT MASTER – ZONE 1 (FEVRIER) 69
FIGURE III-19 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE OPERATIVE BATIMENT MASTER - ZONE 1, OPTIMISEE (FEVRIER) 70
FIGURE III-20 : DIAGRAMME DE CONFORT 70
FIGURE III-21 : NIVEAU D'ECLAIREMENT MOYEN EM AU NIVEAU DES ESPACES FONCTIONNELS 72

FIGURE III-22 : FACTEUR DE LA LUMIERE DU JOUR DES ESPACES FONCTIONNELS 73
FIGURE III-23 : REPARTITION DE LA LUMIERE DU JOUR DANS L'EF SC4 73
FIGURE III-24 : BASE DE DONNEES ENVIRONNEMENTALES 79
FIGURE III-25 : DESCRIPTION DE L'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE 82
FIGURE III-26 : DESCRIPTION DES FRONTIERES DU SYSTEME ETUDIE SELON UN ASPECT SPATIAL 83
FIGURE III-27 : REPRESENTATION D'UNE CLASSE 88
FIGURE III-28 : DIAGRAMME DE CLASSE DE L'OUTIL D'ANALYSE 90
FIGURE III-29 : EXTRAIT DE LA CLASSE PRODUIT 92
FIGURE III-30 : TEST DE FONCTIONNEMENT DE L'OUTIL 92
FIGURE III-31 : INTERFACE PRINCIPALE DE L'OUTIL DEVELOPPE 93
FIGURE III-32 SCHEMA EXPLIQUE LE FONCTIONNEMENT DE L'OUTIL. 94
FIGURE III-33 : FENETRE DE CARACTERISATION AU NIVEAU DE LA CLASSE PRODUIT 95
FIGURE III-34 : INTERFACE D'AFFICHAGE DES RESULTATS 96
FIGURE III-35 : REPARTITION DU BILAN DES EMISSIONS PAR TYPOLOGIE DE PRODUIT TP1 97
FIGURE III-36 : REPRESENTATION DU BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PAR TYPOLOGIE DE PRODUIT TP2 99
FIGURE III-37 : REPRESENTATION DU BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PAR PRODUIT 101
FIGURE III-38 : REPARTITION DU BILAN DES EMISSIONS DE CO2 DU PSO PAR EF 102
FIGURE III-39 : BILAN DES EMISSIONS DE CO2 PSO-EF 103
FIGURE III-40 : REPARTITION DU BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 DU PSO PAR TP1 104
FIGURE III-41 : BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 DU PSO – TP1 105
FIGURE III-42 : BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PE PAR ESPACE FONCTIONNEL 106
FIGURE III-43 : REPARTITION DU BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PE PAR TYPOLOGIE DE PRODUIT TP1 107
FIGURE III-44 : REPARTITION DU BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PAR ESPACE FONCTIONNEL 109
FIGURE III-45 : BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PSO-PE DES ESPACES FONCTIONNELS 110
FIGURE III-46 : REPARTITION DU BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PAR PHASE 111
FIGURE III-47 : REPARTITION DU BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PAR TYPOLOGIE DE PRODUIT TP0 111
FIGURE III-48 : COMPARAISON DE DEUX VARIANTES TP0 115
FIGURE III-49 : COMPARAISON DE DEUX VARIANTES TP1 DE PGO 116
FIGURE III-50 : BILAN ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION DU BATIMENT M 116
FIGURE III-51 : RATIO ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION DU BATIMENT M 117
FIGURE IV-1 : ANALOGIE ENTRE L'ANALYSE ENERGETIQUE ET LA MISE EN ŒUVRE DE FICHIER HORAIRE DE CONSOMMATION 122
FIGURE IV-2 : REPRESENTATION SYNOPTIQUE ET SYSTEMIQUE DE L'EVALUATION DE LA CONSOMMATION 124
FIGURE IV-3 : DIAGRAMME DE CLASSE DE LA CONCEPTION 138
FIGURE IV-4 : EXTRAIT DE LA CLASSE COMPOSANT 139
FIGURE IV-5 : FENETRE PRINCIPALE ET PARAMETRAGE DU SITE 140
FIGURE IV-6 : FENETRE D'IDENTIFICATION DES SOUS SYSTEMES 141
FIGURE IV-7 : FENETRE D'ACQUISITION DES DONNEES D'UN COMPOSANT 142
FIGURE IV-8 : CONSOMMATION JOURNALIERE 143
FIGURE IV-9 : PROFIL DE CHARGE DE L'ESPACE BATI 144
FIGURE IV-10 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION ANNUELLE 145
FIGURE IV-11 : REPARTITION DES CHARGES PAR PHASE 145
FIGURE IV-12 : RECAPITULATION PAR SOUS ESPACE BATI (BATIMENT) 146
FIGURE IV-13 : SIGNATURE ENERGETIQUE PAR BATIMENT 147
FIGURE IV-14 : SIGNATURE ENERGETIQUE PAR BATIMENT EN CO_2 147
FIGURE IV-15 : RECAPITULATION PAR ESPACE FONCTIONNEL 148
FIGURE IV-16 : SIGNATURE ENERGETIQUE PAR ESPACE FONCTIONNEL 148
FIGURE IV-17 : SIGNATURE ENERGETIQUE PAR ESPACE FONCTIONNEL EN CO_2 149
FIGURE IV-18 : RECAPITULATION PAR POSTE DE CONSOMMATION 149
FIGURE IV-19 : SIGNATURE ENERGETIQUE PAR POSTE DE CONSOMMATION 150
FIGURE IV-20 : SIGNATURE ENVIRONNEMENTALE PAR POSTE DE CONSOMMATION 150

FIGURE IV-21 : PRESENTATION DES META DONNEES DE LA SIMULATION 153
FIGURE IV-22 : PROCESSUS POUR LES CENTRALES THERMIQUES DU RESEAU D'ANTSIRANANA 153
FIGURE IV-23 : DONNEES DES PROCESSUS DES CENTRALES THERMIQUES 154
FIGURE IV-24 : SCENARIO DE LA PRODUCTION D'ENERGIE MIXTE -RIA 154
FIGURE IV-25 : ACQUISITION DES DONNEES DE BASE 155
FIGURE IV-26 : IDENTIFICATION DES SOUS-SYSTEMES DU BATIMENT MASTER 159
FIGURE IV-27 : ACQUISITION DES DONNEES AU NIVEAU DE L'INTERFACE 163
FIGURE IV-28 : CONSOMMATION HORAIRE ET JOURNALIERE DU BATIMENT MASTER 164
FIGURE IV-29 : COURBE DE CHARGE DU BATIMENT MASTER SUR UNE JOURNEE TYPE 164
FIGURE IV-30 : CONSOMMATION MENSUELLE ET ANNUELLE DU BATIMENT MASTER 165
FIGURE IV-31 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION MENSUELLE DU BATIMENT MASTER 165
FIGURE IV-32 : SIGNATURE ENERGETIQUE PAR ESPACE FONCTIONNEL 167
FIGURE IV-33 : SIGNATURE ENVIRONNEMENTALE PAR ESPACE FONCTIONNEL 167
FIGURE IV-34 : SIGNATURE ENVIRONNEMENTAL PAR POSTE DE CONSOMMATION 168
FIGURE IV-35 : REPARTITION DES CHARGES PAR PHASE DU BATIMENT MASTER 169
FIGURE V-1 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME DE PILOTAGE DE LA DISTRIBUTION DE L'ENERGIE 184
FIGURE V-2: COMPARAISON DE L'EVOLUTION HORAIRE DE L'ETAT DE DEUX SYSTEMES 185
FIGURE V-3 : COMPARAISON DE L'EVOLUTION JOURNALIERE DE L'ETAT DE PLUSIEURS SYSTEMES 185
FIGURE V-4 : COMPARAISON DE L'ETAT JOURNALIER DE CHAQUE SYSTEME 186
FIGURE V-5 : MODELE DE BOROWY ET SALAMEH 189
FIGURE V-6 : ALGORITHME POUR L'EVALUATION DE LA PRODUCTION D'ENR PHOTOVOLTAÏQUE 194
FIGURE V-7 : ACQUISITION DES DONNEES DE LA PRODUCTION ENR ÉOLIENNE 196
FIGURE V-8 : ACQUISITION DES DONNEES DE LA PRODUCTION ENR PHOTOVOLTAÏQUE 197
FIGURE V-9 : FICHIER DE PRODUCTION HORAIRE 198
FIGURE V-10 : ORGANIGRAMME DE DIMENSIONNEMENT – SCENARIO AVEC LISSAGE 206
FIGURE V-11 : INTERFACE DE CONFIGURATION DU SYSTEME 212
FIGURE V-12 : DONNEES DE SIMULATION DE LA DISTRIBUTION 213
FIGURE V-13 : FICHIER HORAIRE DU SYSTEME DE STOCKAGE 215
FIGURE V-14 : ACQUISITION DE DONNEES – DISTRIBUTION SANS STOCKAGE 217
FIGURE V-15 : RESULTATS DE LA SIMULATION A L'ECHELLE MENSUELLE ET ANNUELLE – PILOTAGE SANS STOCKAGE 218
FIGURE V-16 : EVOLUTION MENSUELLE DU SYSTEME RESEAU – SOUTIRAGE ET EXCEDENT (SS) 219
FIGURE V-17 : EVOLUTION MENSUELLE DES SYSTEMES DE PRODUCTION ET DE CONSOMMATION (SS) 219
FIGURE V-18 : ETAT JOURNALIER DES DIFFERENTS SYSTEMES - SURFACE 200 M² 220
FIGURE V-19 : ETAT JOURNALIER DES DIFFERENTS SYSTEMES W- SURFACE 400 M² 220
FIGURE V-20 : MOYENNE MENSUELLE ET ANNUELLE DE L'EXCEDENT D'ENERGIE JOURNALIERE 221
FIGURE V-21 : ACQUISITION DE DONNEES – DISTRIBUTION AVEC STOCKAGE 222
FIGURE V-22 : RESULTATS DE LA SIMULATION A L'ECHELLE MENSUELLE ET ANNUELLE – PILOTAGE AVEC STOCKAGE 223
FIGURE V-23 : EVOLUTION MENSUELLE DU SYSTEME RESEAU – SOUTIRAGE ET EXCEDENT (AS) 223
FIGURE V-24 : ETAT JOURNALIER DES DIFFERENTS SYSTEMES (AS) 224
FIGURE V-25 : ETAT DES SYSTEMES POUR DEUX JOURS SUCCESSIFS MOINS ENSOLEILLES (HIVER) 225
FIGURE V-26 : ETAT DES SYSTEMES POUR DEUX JOURS SUCCESSIFS PLUS ENSOLEILLES (HIVER) 225
FIGURE V-27 : ETAT DES SYSTEMES POUR DEUX JOURS SUCCESSIFS MOINS ENSOLEILLES (ETE) 226
FIGURE V-28 : ETAT DES SYSTEMES POUR DEUX JOURS SUCCESSIFS PLUS ENSOLEILLES (ETE) 226
FIGURE V-29 : DETERMINATION DE LA VALEUR DE LR 227
FIGURE V-30 : ACQUISITION DE DONNEES DU SYSTEME DE PRODUCTION – DISTRIBUTION AVEC LISSAGE 228
FIGURE V-31 : CONFIGURATION DU SYSTEME DE STOCKAGE – DISTRIBUTION AVEC LISSAGE 228
FIGURE V-32 : RESULTATS DE LA SIMULATION A L'ECHELLE MENSUELLE ET ANNUELLE – PILOTAGE AVEC LISSAGE 229
FIGURE V-33 : COMPORTEMENT DES SYSTEMES POUR DEUX JOURS SUCCESSIFS DE BON ENSOLEILLEMENT 230
FIGURE V-34 : COMPARAISON DES SCENARII DE DISTRIBUTION 231
FIGURE V-35 : PROPOSITION DE SCHEMA SYNOPTIQUE DU DISPOSITIF DE PILOTAGE DE LA DISTRIBUTION 233

FIGURE V-36 : PROPOSITION DE SCHEMA D'UN SCHEMA ELECTRONIQUE POUR UN DISPOSITIF DE PILOTAGE 234
FIGURE V-37 : CARTE DE SIMULATION SOUS "PROTEUS" 235
FIGURE V-38 : SIMULATION POUR SP=0 236
FIGURE V-39 : SIMULATION POUR SP=0 ET LB ATTEINTE 237
FIGURE V-40 : SIMULATION POUR SP=SC 237
FIGURE V-41 : SIMULATION POUR SP>SC 238
FIGURE V-42 : SIMULATION POUR SP>SC ET LH ATTEINTE 238
FIGURE V-43 : SIMULATION POUR SP<SC ET LB NON ATTEINTE 239
FIGURE V-44 : SIMULATION POUR SP<SC ET LB ATTEINTE 239

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I-1 : RESERVES D'ENERGIES PRIMAIRES FOSSILES 10
TABLEAU II-1 : LES CATEGORIES D'IMPACTS 39
TABLEAU III-1 : CARACTERISTIQUES DES ESPACES FONCTIONNELS 50
TABLEAU III-2 : CARACTERISTIQUES DU BOIS POUR LA CHARPENTE 60
TABLEAU III-3 : CARACTERISTIQUES DE LA TUILE 61
TABLEAU III-4 : DIMENSIONNEMENT DU BETON 61
TABLEAU III-5 : IDENTIFICATION DES PGO DU TP2 BETON DE PROPRETE (TP1 INFRASTRUCTURE) 61
TABLEAU III-6 : DIMENSIONNEMENT DE LA SEMELLE FILANTE 62
TABLEAU III-7 : IDENTIFICATION DES PGO DU TP2 SEMELLE FILANTE (TP1 INFRASTRUCTURE) 62
TABLEAU III-8 : DIMENSIONNEMENT DES LINTEAUX 62
TABLEAU III-9 : IDENTIFICATION DES PGO DU TP2 LINTEAUX (TP1 SUPERSTRUCTURE) 63
TABLEAU III-10 : DIMENSIONNEMENT DES VOILES 63
TABLEAU III-11 : IDENTIFICATION DES PGO DU TP2 VOILES (TP1 SUPERSTRUCTURE) 63
TABLEAU III-12 : RECOMMANDATIONS POUR ATTEINDRE LA ZONE DE CONFORT 65
TABLEAU III-13 : VALEUR MOYENNE DES PARAMETRES DE CONFORT EN HIVER 68
TABLEAU III-14 : VALEUR MOYENNE DES PARAMETRES DE CONFORT EN ETE 69
TABLEAU III-15 : CARACTERISTIQUES DES FENETRES 75
TABLEAU III-16 : CARACTERISTIQUES DES PORTES 75
TABLEAU III-17 : CARACTERISTIQUES DES MURS 76
TABLEAU III-18 : : IDENTIFICATION DES PSO DU TP1 MENUISERIE (EF SC1) 77
TABLEAU III-19 : DIMENSIONNEMENT DES CLOISONS (EF SC1) 77
TABLEAU III-20 : IDENTIFICATION DES PSO DU TP1 CLOISON (EF SC1) 77
TABLEAU III-21 : IDENTIFICATION DES PE DU TP2 ÉQUIPEMENT DE SECOND ŒUVRE 78
TABLEAU III-22 : FACTEURS D'EMISSIONS TP1 : INFRASTRUCTURE 80
TABLEAU III-23 : FACTEURS D'EMISSIONS TP1 : SUPERSTRUCTURE 80
TABLEAU III-24 BILAN DES EMISSIONS PAR TYPOLOGIE DE PRODUIT TP1 97
TABLEAU III-25 : BILAN DES EMISSIONS PAR TYPOLOGIE DE PRODUIT TP2 98
TABLEAU III-26 : BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PAR PRODUIT 100
TABLEAU III-27 : BILAN BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 - PSO PAR ESPACE FONCTIONNEL 102
TABLEAU III-28 : BILAN DES EMISSIONS DE CO2 PSO PAR TYPOLOGIE DE PRODUIT TP1 104
TABLEAU III-29 : BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PE PAR ESPACE FONCTIONNEL 106
TABLEAU III-30 : BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PE PAR TYPOLOGIE DE PRODUIT TP1 107
TABLEAU III-31 : LISTE DES PRODUITS D'EQUIPEMENT 108
TABLEAU III-32 : BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 DES ESPACES FONCTIONNELS 109
TABLEAU III-33 : BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PAR TYPOLOGIE DE PRODUIT TP0 110
TABLEAU III-34 : BILAN DES EMISSIONS DE CO_2 PAR M^2 DE L'ESPACE BATI 112
TABLEAU IV-1 : PUISSANCE INSTALLEE ET PRODUCTION ANNUELLE DES CENTRALES INTERCONNECTEES 151
TABLEAU IV-2 : EMISSION DES GAZ A EFFET DE SERRE EN [KG] – RESEAU ANTSIRANANA 155
TABLEAU IV-3 : LISTE DES EQUIPEMENTS DE L'EF BUREAU ADMINISTRATIF 156
TABLEAU IV-4 : LISTE DES EQUIPEMENTS DE L'EF CENTRE DE DOCUMENTATION 156
TABLEAU IV-5 : LISTE DES EQUIPEMENTS DE L'EF COULOIR 156
TABLEAU IV-6 : LISTE DES EQUIPEMENTS DE L'EF LOCAL TECHNIQUE 157
TABLEAU IV-7 : LISTE DES EQUIPEMENTS DES EF SALLE DE COURS 157
TABLEAU IV-8 : LISTE DES EQUIPEMENTS DE L'EF SALLE INFORMATIQUE 158
TABLEAU IV-9 : LISTE DES EQUIPEMENTS DE L'EF SALLE DE REUNION 158
TABLEAU IV-10 : LISTE DES EQUIPEMENTS DES EF SALLE DE TP 1 ET 2 158
TABLEAU IV-11 : LISTE DES EQUIPEMENTS DE L'EF SALLE DE TRAVAUX PRATIQUES STP3 159

TABLEAU IV-12 : LISTE DES EQUIPEMENTS DE L'EF TOILETTE 159
TABLEAU IV-13 : PROFIL D'UTILISATION DES EQUIPEMENTS DE SECURITE 160
TABLEAU IV-14 : PROFIL D'UTILISATION DES EQUIPEMENTS BUREAUTIQUE 160
TABLEAU IV-15 : PROFIL D'UTILISATION DES EQUIPEMENTS D'ECLAIRAGE 161
TABLEAU IV-16 : PROFIL D'UTILISATION DES EQUIPEMENTS DE CONFORT 161
TABLEAU IV-17 : PROFIL D'UTILISATION DES EQUIPEMENTS DE TRAVAUX PRATIQUES 161
TABLEAU IV-18 : PROFIL D'UTILISATION DES EQUIPEMENTS PROJECTION 161
TABLEAU IV-19 : PROFIL DE NOMBRE DE JOUR D'UTILISATION PAR MOIS 162
TABLEAU IV-20 : PROFILS DE COEFFICIENT DE PONDERATION MENSUELLE 162
TABLEAU IV-21 : RECAPITULATIF PAR ESPACE FONCTIONNEL DU BATIMENT MASTER 166
TABLEAU IV-22 : RECAPITULATIF PAR POSTE DE CONSOMMATION DU BATIMENT MASTER 168
TABLEAU IV-23 : EXEMPLE D'ACQUISITION DES DONNEES AU NIVEAU D'UN EF 174
TABLEAU IV-24 : RECAPITULATIF DE LA CONSOMMATION HORAIRE D'UNE JOURNEE TYPE D'UN ESPACE FONCTIONNEL 175
TABLEAU IV-25 : CALCUL DE LA CONSOMMATION HORAIRE DU D'UNE JOURNEE TYPE BATIMENT 176
TABLEAU IV-26 : COEFFICIENTS DE PONDERATION PAR POSTE DE CONSOMMATION DANS L'ANNEE 176
TABLEAU IV-27 : MATRICE DES FACTEURS D'USAGES POUR UN MOIS DONNE 177
TABLEAU IV-28 : FICHIER HORAIRE DE CONSOMMATION POUR UN MOIS. 178
TABLEAU V-1 : REPRESENTATION D'UN SYSTEME 184
TABLEAU V-2 : EXTRAIT D'UN FICHIER METEO 187
TABLEAU V-3 : DIFFERENCE ENTRE LA PRODUCTION ET LA CONSOMMATION 201
TABLEAU V-4 : ETAT DU SYSTEME RESEAU 201
TABLEAU V-5 : ETAT DU SYSTEME EXCEDENT 202
TABLEAU V-6 : PREDIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE PRODUCTION 216
TABLEAU V-7 : LISTE DES COMPOSANTS 240

LISTE DES ABREVIATIONS

ACV	:	Analyse du Cycle de Vie
ADEME	:	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AS	:	Avec Stockage
B	:	Bâtiments
BEES	:	Building for Environmental and Economic Sustainability
BT	:	Bilan Total
CEA	:	Commissariat à l'Energie Atomique
COP	:	Conference Of the Parties
CP	:	Coefficient de Pondération
CPM		Coefficient de Pondération Mensuel
CPM	:	Coefficient de Pondération Mensuelle
DUH	:	Durée d'Utilisation Horaire
DUJ	:	Durée d'Utilisation Journalière
EB	:	Espace Bâti
E_c	:	Émission du conditionnement du produit
E_f	:	Émission de fabrication du produit
EF	:	Espace Fonctionnel
EnR	:	Énergies Renouvelables
E_o	:	Émission liée au transport de l'opérateur
E_t	:	Émission du transport du produit exprimé
E_{tot}	:	Émission totale du produit exprimée
EXC	:	Excédent
FE_f	:	Facteur d'émission de fabrication d'un produit
FE_{fe}	:	Facteur d'émission de fabrication de l'emballage
FE_{fm}	:	Facteur d'émission de fabrication d'un matériau
FE_t	:	Facteur d'émission du transport
FU	:	Facteur d'Usage
GEMIS	:	Global Emissions Model for Integrated Systems
GES	:	Gaz à Effet de Serre
GTC	:	Gestion Technique Centralisée
GUIDE	:	Graphical User Interface Development Environment
IEA :	:	International Energy Agency
INSTAT	:	Institut National de la Statistique
ISO	:	International Organization for Standardization
JIRAMA	:	Jiro sy Rano Malagasy
JUM	:	Jours d'Utilisation par Mois
LB	:	Limite Basse

LCI	:	Life Cycle Inventory
LH	:	Limite Haute
LR	:	Limite Réseau
MATLAB	:	Matrix Laboratory
OCDE	:	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
ONERC	:	*Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique*
ONU	:	Organisation des Nations Unis
OPEP	:	Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
PA	:	Produits d'Activité
PC	:	Poste de Consommation
PCC	:	Produits de Consommation Courante
PE	:	Produits d'Equipement
PGO	:	Produits Gros Œuvre
PIMENT bâtimenT	:	Physique et Ingénierie Mathématique pour l'Energie, l'environnemeNt et le
POO	:	Programmation Orientée Objet
PSO	:	Produits Second Œuvre
PUDe	*:*	Plan d'Urbanisme Détaillé
PUDi	*:*	Plans d'Urbanisme Directeurs
PVC	:	PolyVinyl Chloride
RES	:	Réseau
RTE	:	Réseau de Transport d'Electricité
SC	:	Système de Consommation
SP	:	Système de Production
SS	:	Sans Stockage
STO	:	Stockage
TP0	:	Typologie de Produits de niveau 0
TP1	:	Typologie de Produits de niveau 1
TP2	:	Typologie de Produits de niveau 2
TP3	:	Typologie de Produits de niveau 3
UF	:	Unité Fonctionnelle
UML	:	Unified Modeling Language
VRD	:	Voirie et Réseaux Divers

INTRODUCTION GENERALE

La transition écologique et énergétique est un enjeu important de notre 3eme millénaire. Les questions de maitrise des ressources de notre planète, d'impacts environnementaux [1] en lien notamment avec le changement climatique et les problématiques de pollution des sols, des eaux et de l'air sont des préoccupations au cœur du monde économique, social, politique voire culturelle.

Plusieurs approches ont été explorés pour apporter des réponses à ces questions. Elles ont permis de mettre en œuvre des diagnostics de plus en plus pertinents et de proposer des réponses très souvent discutables à différentes échelles : locales, régionales, nationales et mondiales.

Pour aller plus loin, il nous faut nous appuyer sur des outils de diagnostic encore plus fiables, intégrant des analyses plus globales, disposer des bases de données de plus en plus précises, des outils de simulations de plus en plus interconnectés et une modélisation des problématiques dans une approche globale.

De nouveaux paradigmes doivent être encore explorés sur le plan méthodologique pour "mettre tout en relation avec tout". La culture et l'approche cartésienne des problématiques doivent notamment laisser la place à une approche systémique revisitée autour des sciences exactes.

Des nouveaux outils doivent être mis en œuvre, intégrant des données, des informations ou des connaissances très multiples :

- autour des analyses juridiques en lien avec les questions d'aménagement et les positionnements des usagers ;
- autour des analyses architecturales ;
- autour des analyses techniques en lien notamment avec des questions de structure, de confort thermique, visuel et acoustique, de maîtrise de l'énergie ;
- autour des procédés de construction ;
- autour également des questions environnementales en lien avec les impacts environnementaux les plus problématiques [2] ;
- et enfin autour des analyses économiques et des modes de vie.

Cette thèse a pour ambition d'apporter une contribution à la mise en œuvre d'une analyse globale des questions énergétiques et environnementales dans le contexte malgache et des îles de l'Océan Indien.

Le problème énergétique est l'un des problèmes cruciaux de l'humanité. En effet, toute activité implique une dépense d'énergie et, dans tous les domaines d'activités, tout développement implique toujours un accroissement de l'énergie consommée. Cet accroissement de l'énergie consommée entraine une augmentation de l'émission de gaz à effet de serre contribuant ainsi au dérèglement climatique.

La maitrise et l'économie de l'énergie figurent parmi les préoccupations mondiales afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre permettant ainsi de lutter contre le réchauffement climatique. La maîtrise de l'énergie doit se faire au niveau de tous les domaines d'activités, en particulier dans le secteur du bâtiment. En effet, au niveau mondial les espaces bâtis résidentiels et tertiaires qui consomment près de 30%[1] de l'ensemble des consommation [3], sont classés parmi les premiers consommateurs d'énergie finale. En France, la consommation finale d'énergie par le secteur tertiaire et résidentiel représente 42 % [2] de la consommation totale de tous les secteurs d'activité. A Madagascar, la consommation énergétique totale du secteur du bâtiment représente 50,03 %[3] de l'électricité produite.

La croissance du secteur des bâtiments implique davantage l'augmentation des besoins énergétiques. Ces dernières années, les émissions de CO_2 du secteur du bâtiment ne cessent d'augmenter. Depuis 2010, cette augmentation est de l'ordre de 1% par an et a atteint 28%[4] des émissions de CO_2 du secteur énergétique mondial. Malgré l'existence des solutions plus décarbonées pour les bâtiments et la construction, beaucoup d'efforts sont encore nécessaires pour la mise en œuvre de ces solutions notamment pour les pays comme Madagascar.

La maitrise de l'énergie au niveau des espaces bâtis devrait commencer dès la conception des bâtiments. Il s'agit de bien choisir les matériaux de construction et la

[1] IEA : International Energy Agency - World Balance 2017
[2] Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer - France – données provisoires mai 2017 : Service de l'observation et des statistiques.
[3] INSTAT : Institut National de la Statistique - Madagascar (2010)
[4] ONU Environnement – Bilan mondial 2017

qualité de la construction elle-même en vue d'obtenir un bâtiment bioclimatique. Il y a aussi la maitrise des équipements utilisés durant l'exploitation du bâtiment.

Le bilan mondial version 2017 établi par l'ONU [4] préconise plusieurs stratégies pour diminuer l'impact environnemental du bâtiment et de sa construction. Il s'agit de la mise en œuvre des politiques d'urbanisme facilitant une conception raisonnée des bâtiments afin de réduire la demande énergétique et d'accroitre la possibilité d'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment. Il y a aussi la réduction de la consommation de l'énergie ainsi que les émissions liées à l'exploitation grâce notamment à l'amélioration des outils de gestion de l'énergie. Une autre stratégie aussi consiste à la réduction de l'impact environnemental des matériaux et des équipements et la construction des bâtiments par une approche « cycle de vie ». La dernière stratégie tourne au tour du soutien à la formation et au développement des outils éducatifs ou informatifs pour faire valoir les bâtiments et les méthodes de construction durables.

Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons sur des objectifs permettant de répondre aux problématiques énergétiques et environnementaux en développant des actions autour des stratégies du bilan mondial établi par l'ONU.

Un premier objectif consiste à une analyse de cycle de vie des espaces bâtis. Il s'agit de faire une étude de l'impact environnemental des matériaux de construction des espaces bâtis pour le contexte de Madagascar. Cette analyse reposant dans un premier temps sur un indicateur du changement climatique pourra se généraliser à tout indicateur d'impact environnementaux, des lors que les facteurs d'impacts peuvent être évalué. Ce qui est déjà le cas pour beaucoup de typologie de flux matières.

Le deuxième objectif sera l'analyse énergétique dans un espace bâti. Il s'agira dans un premier temps d'étudier le flux d'énergie électrique durant la phase d'exploitation du bâtiment pour mettre en évidence sa signature énergétique et son bilan environnemental en rapport avec la consommation d'énergie. Une autre étude aussi sera effectuée dans le cadre de la mise en œuvre d'un fichier de consommation au pas horaire qui nous sera utile dans le cadre de la mise en œuvre d'un outil de gestion du pilotage de la distribution de l'énergie électrique au niveau d'un espace bâti, d'un système d'espace bâti ou d'un mini territoire.

Le troisième objectif de cette thèse consiste à la mise en œuvre d'un système de pilotage de la distribution de l'énergie électrique dans un espace bâti. Il s'agit dans un premier de temps de créer un outil de simulation de cette distribution. La simulation permettra de voir le comportement énergetique des différents systèmes à considérer dans la gestion de distribution. L'outil servira aussi d'aide au dimensionnement et au configuration des installations de production d'énergie ainsi que le système de stockage.

Le présent travail se base sur plusieurs outils de simulation autour de flux matière et de flux d'énergie. Ces outils ont été développés au sein du Laboratoire PIMENT en s'appuyant sur un cadre normatif associé à l'analyse de cycle de vie. La plupart de ces outils ont été développés avec l'outil Excel en se basant sur l'approche systémique et typologique. Ainsi, des pages génériques développées au Laboratoire PIMENT nous ont servi de base pour la création des outils nécessaires à notre étude.

Notre objet d'étude concerne un projet de construction d'un bâtiment de formation niveau Master composé de plusieurs salles de classe, des salles de travaux pratiques ainsi que d'autres espaces fonctionnels nécessaires au bon fonctionnement de l'espace bâti. Nous avons choisi l'enceinte de l'Université d'Antsiranana comme site d'implantation de ce bâtiment.

Le premier chapitre de cette thèse présente le contexte et enjeu énergétique à Madagascar et dans le monde. Il s'agira de cerner toutes les données caractéristiques du contexte énergétique à Madagascar lié notamment au secteur du bâtiment.

Le deuxième chapitre traite l'état de l'art, méthodologie et outils. Il s'agit ici de présenter tout ce qui était fait avant par rapport à notre thème de recherche. Nous présenterons aussi dans ce chapitre les approches méthodologiques qui nous sont utiles entre autres l'approche systémique, l'approche typologique qui sont combinées avec une approche qui s'appuie sur un cadre normatif associé à l'Analyse de Cycle de Vie.

Le troisième chapitre sera consacré à la conception, la réalisation et l'application autour de flux matière. Nous allons présenter ici, la conception d'un nouveau outil d'analyse environnementale autour des flux matières durant la phase de construction d'un bâtiment en s'appuyant sur une nouvelle démarche méthodologique. Il s'agit

notamment de présenter les étapes de la démarche, les outils utilisés. Nous présenterons les résultats d'analyse des flux matières obtenus pour le cas de notre objet d'étude.

Le quatrième chapitre concerne la conception, la réalisation et l'application autour des flux d'énergies. Il s'agit de présenter la conception, la réalisation d'un outil de simulation de flux d'énergie en vue d'obtenir la signature énergétique et le bilan environnemental autour de la consommation d'énergie pendant la phase d'exploitation du bâtiment. L'outil a été conçu en se basant sur l'approche systémique, l'approche typologique. Le développement a été fait sous Matlab pour faciliter la phase de simulation. Nous allons aussi présenter la conception, la réalisation de l'outil de simulation de la consommation horaire cette fois ci en vue de réaliser la gestion de la distribution au pas horaire de l'énergie. Nous partons dans ce cadre des pages génériques développées au sein du laboratoire pour la réalisation de notre outil. Après nous allons présenter aussi la conception, la réalisation de l'outil de production d'énergie renouvelable au pas horaire, cet outil est couplé avec l'outil de consommation horaire dans le chapitre suivant pour le pilotage de la distribution. A la fin de ce chapitre, nous présenterons l'analyse des résultats obtenus pour le cas de notre objet d'étude.

A la fin, dans le dernier chapitre nous nous intéresserons au pilotage de l'intégration des énergies renouvelables dans la distribution de l'énergie électrique dans un espace bâti. Il s'agit de concevoir, de réaliser et d'appliquer un outil de simulation de la distribution au niveau des espaces bâtis. L'outil exploite les résultats des simulations de production horaire et de la consommation horaire traitées dans les précédents chapitres. Nous considèrerons ensuite plusieurs fichiers associés aux différents systèmes composant l'ensemble de la distribution. Il s'agit du système de stockage sur lequel nous évaluerons son comportement au pas horaire tout au long de l'année, le système réseau qui peut être soutirage ou injection. Nous terminerons l'analyse des résultats de simulation obtenus pour le cas de notre objet d'étude.

CHAPITRE I

CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE DANS LE MONDE ET A MADAGASCAR

I.1. INTRODUCTION 9
I.2. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE MONDIALE 9
I.2.1. Ressources énergétiques mondiale 9
I.2.2. Consommation d'énergie mondiale 11
I.2.3. Consommation d'énergie par secteur 11
I.2.4. Consommation d'électricité dans le monde 12
I.2.5. Répartition de la consommation électrique par secteur d'activité 13
I.2.6. Emissions mondiales de C02 13
I.3. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE EN FRANCE 14
I.3.1. Consommation d'énergie primaire en France 14
I.3.2. Production d'électricité en France 15
I.3.3. Consommation de la France d'énergie électrique par secteur 15
I.3.4. Consommation d'électricité du secteur résidentiel en France 16
I.3.5. Emissions de C02 de la France 17
I.4. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE A MADAGASCAR 18
I.4.1. Consommation d'énergie primaire à Madagascar 18
I.4.2. Production d'électricité à Madagascar 19
I.4.3. Consommation d'électricité à Madagascar 20
I.4.4. Consommation de Madagascar d'énergie électrique par secteur 20
I.4.5. Emissions de C02 de Madagascar 21
I.4.6. L'enjeu énergétique de Madagascar 21
I.5. DEVELOPPEMENT DURABLE 22
I.6. TRANSITION ECOLOGIQUE 22
I.7. TRANSITION ENERGETIQUE 23
I.8. CONCLUSION 24

CHAPITRE I. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE DANS LE MONDE ET A MADAGASCAR

I.1. INTRODUCTION

L'énergie fait partie des éléments majeur pour le développement. La consommation d'énergie mondiale a connu une augmentation rapide et sans cesse depuis l'ère industrielle entrainant des problématiques d'épuisement des ressources et d'impacts sur l'environnement. Nous présentons dans ce chapitre le contexte et la problématique énergetique et environnementale dans le monde, au niveau de la France métropolitaine et puis dans le contexte de Madagascar. Pour ces cas, nous essayons de présenter la consommation totale et la consommation par secteur d'activité. Nous en dégageons la contribution du secteur résidentiel à cette consommation. Nous évoquons également les impacts environnementaux relatives à l'énergie notamment l'indicateur de réchauffement climatique.

I.2. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE MONDIALE

I.2.1. Ressources énergétiques mondiale

L'énergie primaire se définit comme étant l'énergie directement transformable en chaleur. Les différentes sources d'énergie primaire que nous utilisons sont de deux types. Il s'agit des énergies non renouvelables composées des ressources fossiles et minérales comme le pétrole, le charbon, le gaz et l'uranium. Il y a aussi les énergies renouvelables formées essentiellement par le solaire, l'hydraulique, l'éolien, la biomasse et bien d'autres.

Le Tableau I-1 montre les réserves d'énergies primaires fossiles prouvées de la planète [5]. Le ration R/P 5 caractérise la durée de vies des réserves. Ce ratio n'a pas de signification absolue du fait que d'une part la recherche et l'exploitation des gisements ont tendances à augmenter le volume des réserves prouvées et donc de la durée de ces réserves. D'autre part, l'augmentation de la consommation dans les années à venir amène à l'effet inverse sur la durée des réserves.

[5] (Réserves restantes à la fin de l'année / Production de cette année - exprimé en années)

Tableau I-1 : Réserves d'énergies primaires fossiles

(Source : Mémento sur l'énergie – CEA 2016)

Energies primaires	Réserves mondiales prouvées	R/P
Pétrole (GTep)	239,3	50,2
Gaz naturel (trillions m^3)	193,5	52,6
Minéraux solides (millions de tonnes)	1 035 012	134

La Figure I-1 montre la répartition de ces réserves. Nous constatons près de 50 %[6] des réserves de pétrole se trouvent au Moyen Orient et près de 80 % dans les pays de l'OPEP[7] [6] .

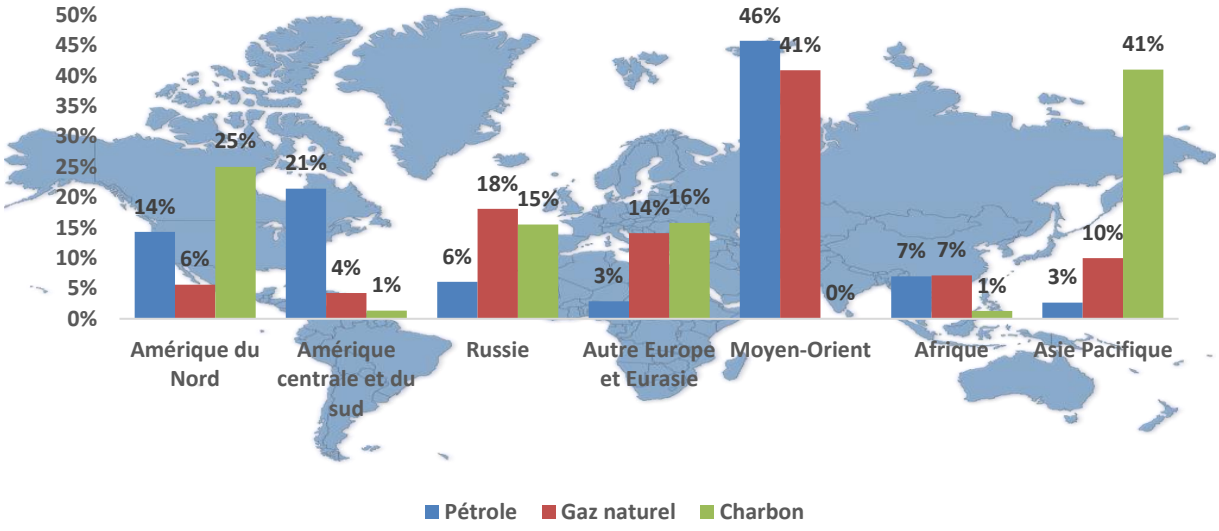


Figure I-1 : Réserves mondiales d'énergie fossiles

Source : BP Energy - 2017

Actuellement, les besoins énergétiques de la planète sont produits avec des ressources fossiles qui sont plus émetteurs de GES[8]. La question que nous devons

[6] Full report – BP Statistical Review of World Energy 2018
[7] OPEP : Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
[8] Gaz à Effet de Serre

poser consiste alors à savoir si nous pouvons toujours vivre en sollicitant autant les ressources énergétiques primaires comme nous avons toujours fait durant le siècle passé [7].

I.2.2. Consommation d'énergie mondiale

La consommation de la planète d'énergie primaire en 2017 vaut 13 511 millions tep[9] [6]. Les émissions de CO_2 liées à la consommation sont de 33 444 millions de tonnes en 2017. La Figure I-2 montre l'évolution de ces paramètres durant ces dernières années. La contribution de chaque source d'énergie a été converti en [Mtpe] pour faciliter l'évaluation des émissions.

En 2017, la consommation d'énergie primaire a augmenté de 2,2% par rapport en 2016, contre 1,2% de 2015 en 2016. En moyenne l'augmentation moyenne de la consommation est de 1,7% par an ces 10 dernières années.

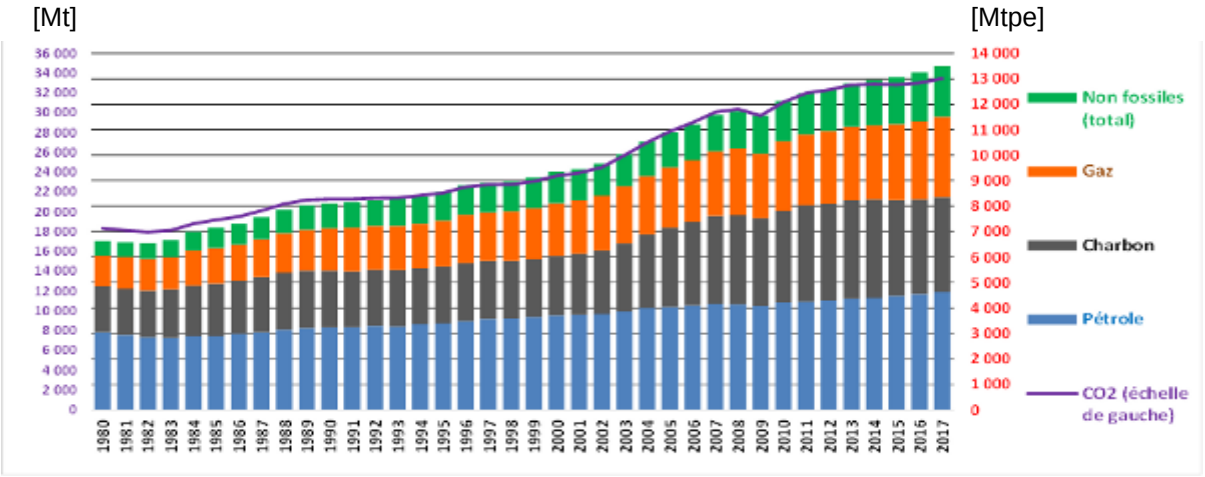


Figure I-2 : Consommation mondiale d'énergie primaire [Mtpe] et émissions de CO_2 [Mt]

(Source : BP world energy – 2017)

I.2.3. Consommation d'énergie par secteur

La Figure I-3 montre la répartition de la consommation d'énergie primaire par secteur d'activité. Les secteurs résidentiel et tertiaire qui nous intéresse dans le cadre de cette étude représentent 21 %[10] de la consommation totale [8].

[9] BP Energy - 2017
[10] AIE - 2016

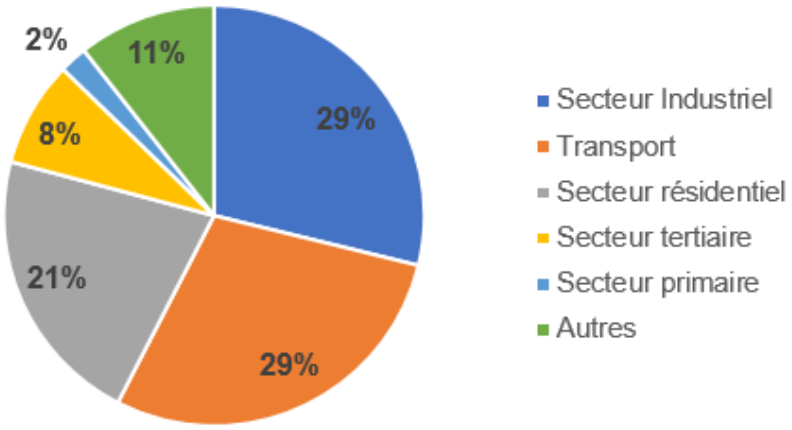


Figure I-3 : Consommation mondiale d'énergie par secteur d'activité

(Source : Agence Internationale de l'Energie – 2016)

I.2.4. Consommation d'électricité dans le monde

La consommation d'électricité dans le monde est de 23 107 TWh[11] pour l'année 2016. Cette consommation d'énergie électrique est en légère augmentation de 2,9 % par rapport à 2015. La Figure I-4 montre l'évolution de la consommation pour les 40 dernières années.

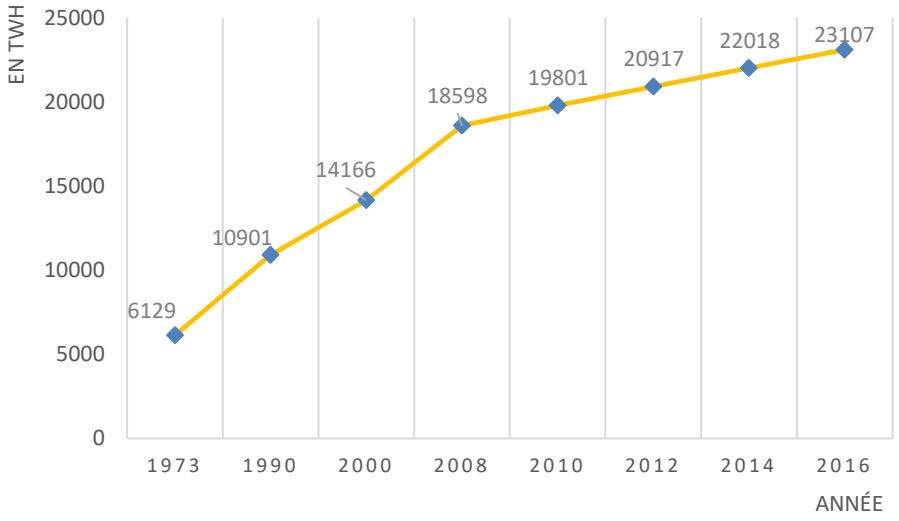


Figure I-4 : Evolution de la consommation électrique dans le monde

(Source : IEA statistics 2018)

[11] IEA (International Energy Agency) statistics 2018

I.2.5. Répartition de la consommation électrique par secteur d'activité

La répartition de la consommation d'électricité par secteur d'activité est en fonction de la situation économique des pays. En effet, cette consommation est inégalement répartie entre les pays du monde. La Figure I-5 montre par exemple cette répartition en 2016 selon le regroupement OCDE[12] ou non OCDE. L'OCDE regroupe 36 pays développés et émergents. Près de 70 % de la consommation sont faites par 10 pays seulement. La Chine reste le pays le plus consommateur avec 5898 ,9 TWh. Avec les USA (4 147,5 TWh) et l'Inde (1216,1 TWh), ces trois pays représentent près de 50% de la consommation d'électricité mondiale.

Au niveau mondial, plus de 1 milliard de personnes, soit 1 personne 7, n'ont pas accès à l'électricité.

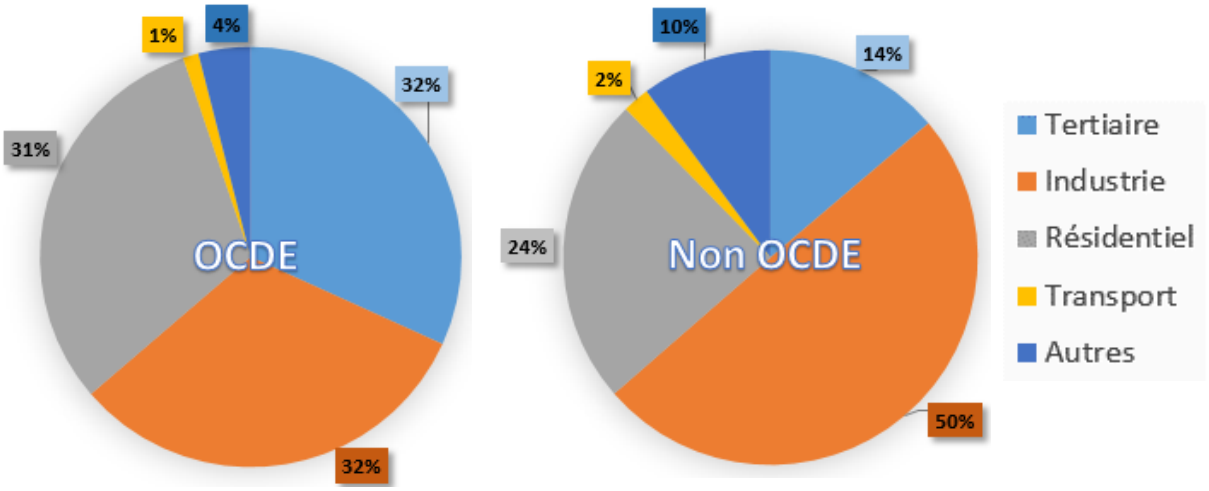


Figure I-5 : Consommation électrique dans le monde par secteur

(Source : IEA statistics 2018)

En tout cas au niveau mondial, les secteurs résidentiel et tertiaire contribuent à plus de 63 % de la consommation pour les pays membres de l'OCDE et de 38 % pour les pays classés non OCDE.

I.2.6. Emissions mondiales de C02

Les émissions de carbone liées à la consommation ont aussi augmenté de 1,6% avec une valeur de 33 444 Mt[13] après avoir connu une croissance faible voire nulle

[12] OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques
[13] BP Energy - 2017

pour les 3 dernières années de 2014 à 2016. Cette augmentation indique un écart très important entre les ambitions définies à la COP21[14] et les tendances actuelles. En effet, selon GIEC[15], il serait nécessaire de faire baisser de 40 % au moins les émissions mondiales de GES d'ici 2050 pour répondre aux objectifs de l'accord de la COP21. Les pays asiatiques contribuent près de deux tiers[16] de la hausse des émissions mondiales de CO_2 liées à l'énergie. Pour atténuer le phénomène de réchauffement climatique, la réduction des émissions de CO_2 présent dans l'atmosphère est nécessaire [9] .

La Figure I-2 montre l'évolution des émissions mondiales de $C0_2$ relatives à la consommation d'énergie.

I.3. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE EN FRANCE

I.3.1. Consommation d'énergie primaire en France

La consommation de la France métropolitaine d'énergie primaire en 2017 s'élève à 131,9 millions tep. Cette consommation d'énergie primaire a reculé de -4,8% par rapport en 2016 [10]. La Figure I-6 montre l'évolution de la consommation pour ces dernières années.

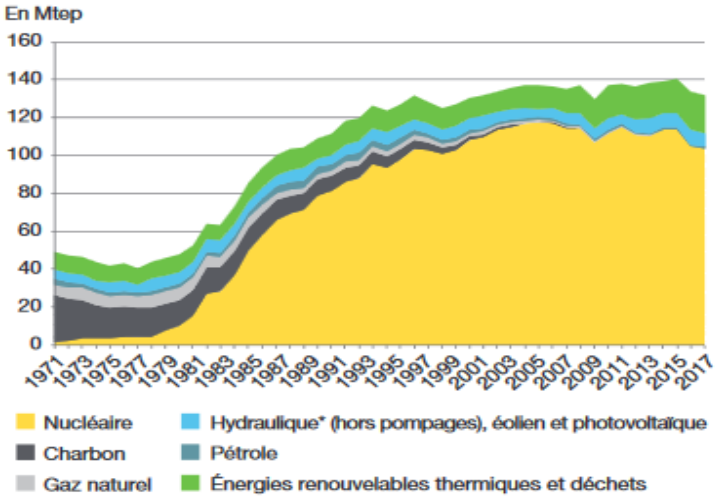


Figure I-6 : Consommation de la France d'énergie primaire [Mtpe]

(Source : Calculs SDES, d'après les sources par énergie)

[14] Conference Of the Parties : Conférence des parties de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
[15] Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
[16] AIE : Connaissance des Energies

I.3.2. Production d'électricité en France

En 2017, dans le mix électrique de la France, le nucléaire qui a reculé de 1,2 % par rapport à 2016, reste toujours sa première source d'énergie avec une part de 71,6%. La production des barrages hydrauliques pour l' année 2017 est de 53,6 TWh[17]. Par rapport à 2016, il y a une baisse de 16,3% du fait de la faible précipitation. La production d'électricité d'origine thermique fossile a augmenté pour combler le gap malgré l'arrêt de quelques groupes thermiques d'une puissance totale de 3 GW. Pour la première fois la production d'électricité d'origine renouvelable contribue à hauteur de 7,4% du mix électrique de la France [11]. La Figure I-7 montre la répartition de ce mix électrique pour l'année 2017. Nous pouvons constater que la production d'électricité de la France est décarbonnée à hauteur de 90% malgré la progression des sources fossiles.

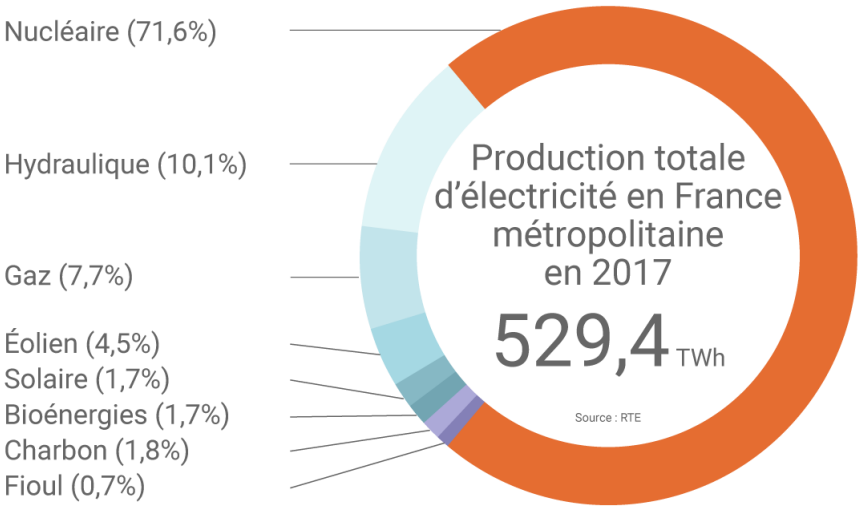


Figure I-7 : Mix électrique de la France en 2017

Source : Connaissance des Énergies, d'après RTE

I.3.3. Consommation de la France d'énergie électrique par secteur

La consommation d'énergie électrique de la France pour l'année 2017 est de 474 TWh[18]. Par rapport en 2016, cette consommation a augmenté légèrement de 0,3%. Toute fois sans tenir compte de l'aléa climatique et des effets calendaires, cette

[17] Connaissance des Énergies, d'après RTE - 2017
[18] RTE (Réseau de transport d'électricité) – bilan électrique 2017

consommation d'électricité est restée constante durant ces sept dernières années. La Figure I-8 montre la répartition de cette consommation par secteur d'activité. Le résidentiel et tertiaire qui nous intéresse dans le cadre de cette étude représentent 33 % de la consommation totale soit un peu plus que les secteurs primaire et tertiaire confondus.

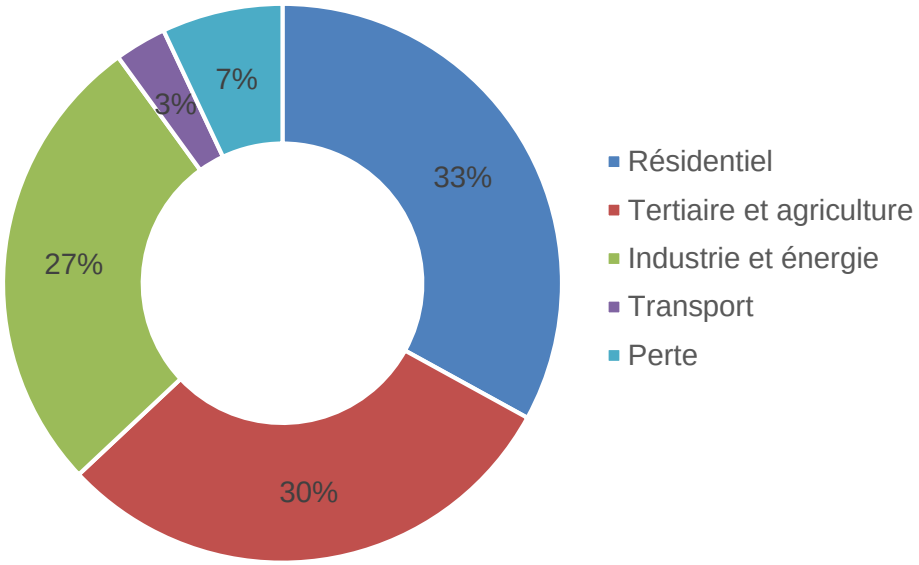


Figure I-8 : Consommation de la France d'énergie par secteur d'activité

(Source : RTE – bilan électrique 2017)

I.3.4. Consommation d'électricité du secteur résidentiel en France

La consommation d'électricité du secteur résidentiel en France pour l'année 2017 est de 156 TWh[19]. La répartition par poste de consommation est représentée sur la Figure I-9. Dans le secteur résidentiel, la consommation d'électricité est due à des utilisations qui ne peuvent pas se faire avec d'autres sources d'énergie. Néanmoins, pour les postes de consommation cuisson, eau chaude sanitaire, et chauffage, d'autres sources sont quand même utilisées. Il s'agit par exemple du gaz ou des énergies renouvelables (pompe à chaleur, chauffe-eau solaire).

[19] RTE – bilan électrique 2017

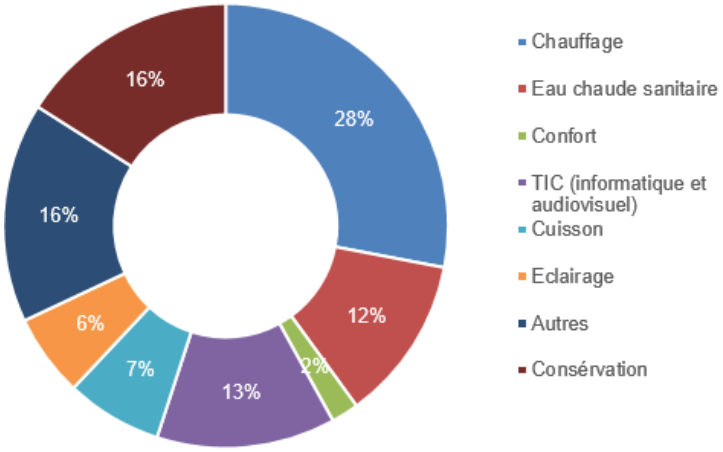


Figure I-9 : Consommation d'électricité du secteur résidentiel France

(Source : RTE – bilan électrique 2017)

I.3.5. Emissions de $C0_2$ de la France

La consommation d'électricité reste stable mais les émissions de $C0_2$ relatives à la production d'électricité de la France ont augmenté de 3,2 %[20] avec une valeur de 27,28 Mt pour l'année 2017. Cela est due à la baisse des productions nucléaire et hydraulique ainsi que les épisodes de froid qui ont nécessité le recours aux moyens de production thermique fossile. La Figure I-10 montre l'évolution des émissions de CO_2 de la France relatives à la consommation d'énergie.

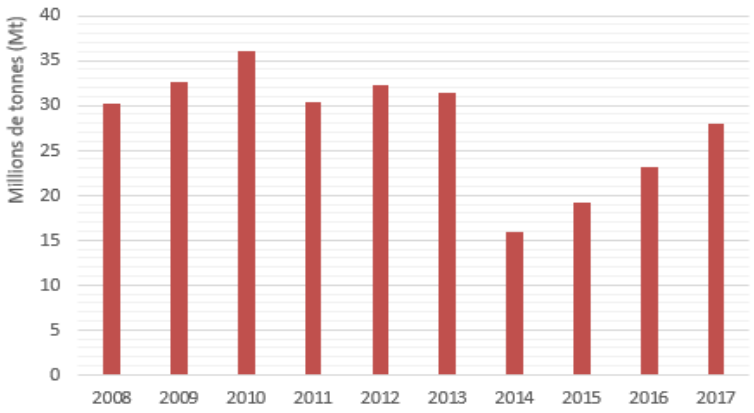


Figure I-10 : Evolution des émissions de CO_2 de la France

Source : RTE – 2017

[20] Connaissance des Énergies, d'après RTE - 2017

I.4. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE A MADAGASCAR

I.4.1. Consommation d'énergie primaire à Madagascar

A Madagascar, la consommation d'énergie moyenne par habitant est considérée parmi les plus faibles au monde. En effet, la consommation moyenne par habitat est de l'ordre de 0,315 tep/an [12]. Le secteur résidentiel constitue le principal consommateur du pays. Parmi les sources d'énergie disponible, l'utilisation du bois énergie est toujours primordiale pour satisfaire les besoins en énergie de cuisson. Par an, le pays a besoin d'une énergie de 140 000 TJ provenant de bois énergie. Pour l'éclairage, c'est toujours le pétrole lampant combiné avec une faible utilisation de l'énergie électrique surtout en milieu rural qui est utilisé. Le besoin en éclairage du pays est de l'ordre de 8000 TJ par an [13].

La consommation énergétique du secteur productif reste faible. C'est le reflet du dynamisme relativement moindre de l'économie de Madagascar. La Figure I-11 montre le mix énergétique de Madagascar.

Le bois énergie participe à hauteur de 90% de la consommation d'énergie de Madagascar. Les produits pétroliers nécessaires à la production d'énergie électrique représentent 7% de l'offre énergétique. Le recours à des sources d'énergie renouvelable reste marginal.

Le bois de chauffe en milieu rural et le charbon de bois en ville sont les principaux combustibles utilisés par les ménages pour la cuisson. Malgré ses gisements de pétrole, Madagascar importe l'ensemble des produits pétroliers. Le gasoil qui représente plus de la moitié de cette importation est le plus utilisé par le secteur économique. 80 % des ménages utilisent le pétrole lampant. L'énergie hydroélectrique avec l'énergie solaire sont exploitées comme sources d'énergies renouvelables mais leurs utilisations et exploitations restent marginales au niveau du pays.

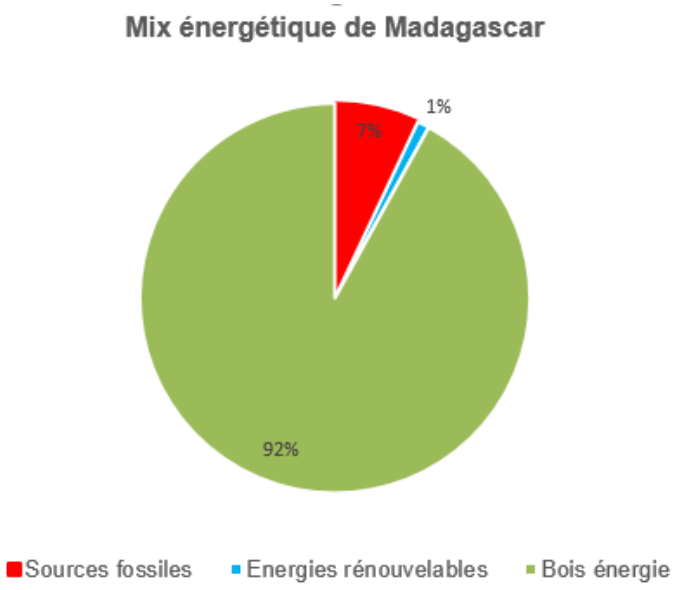


Figure I-11 : Mix énergétique de Madagascar

(Source : Ministère de l'Energie et des Hydrocarbures)

I.4.2. Production d'électricité à Madagascar

En 2015, dans le mix électrique de Madagascar, l'hydroélectricité reste toujours sa première source d'énergie avec une part de 61%. La production des barrages hydrauliques pour l'année 2015 est de 934 807 730 kWh[21]. La Figure I-12 montre la répartition du mix électrique de Madagascar pour l'année 2015 [14].

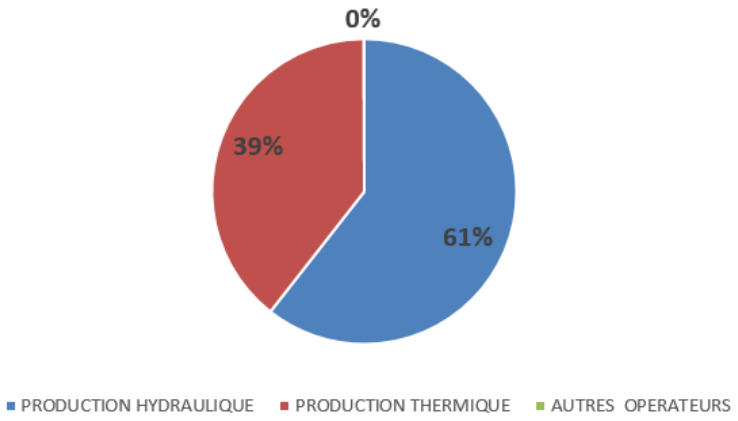


Figure I-12 : Production d'électrique de Madagascar en 2015

Source : ORE – 2016

[21] ORE - 2016

I.4.3. Consommation d'électricité à Madagascar

La consommation d'électricité de Madagascar en 2015 est de 1 025 252 161 kWh [14]. La Figure I-13 montre l'évolution de la consommation d'électricité de Madagascar Par rapport en 2014, cette consommation a augmenté légèrement de 0,02%. Cette consommation d'électricité évolue durant ces sept dernières années.

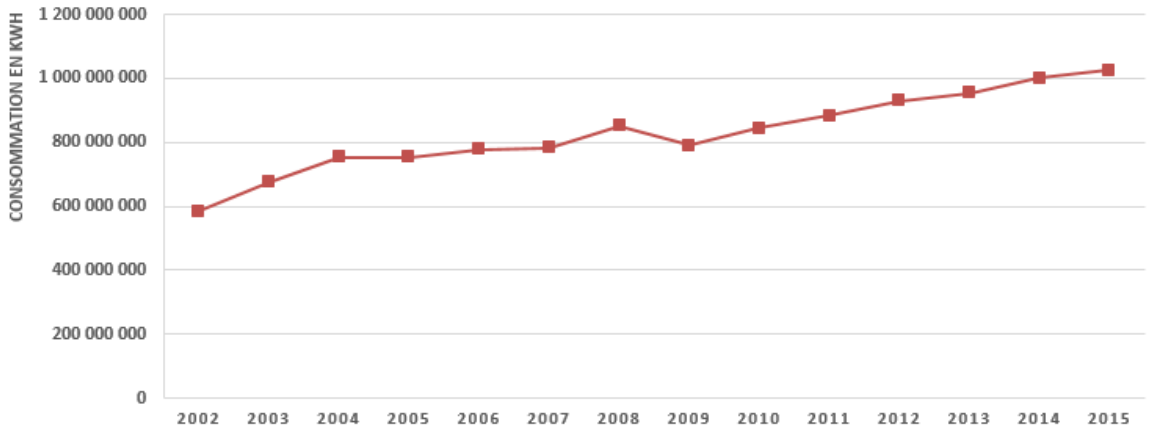


Figure I-13 : Evolution de la consommation d'électricité de Madagascar

(Source : 0RE – 2017)

I.4.4. Consommation de Madagascar d'énergie électrique par secteur

La répartition de la consommation par secteur d'activité est illustrée sur la Figure I-14. Le secteur résidentiel qui nous intéresse dans le cadre de cette étude représente plus de la moitié de la consommation totale.

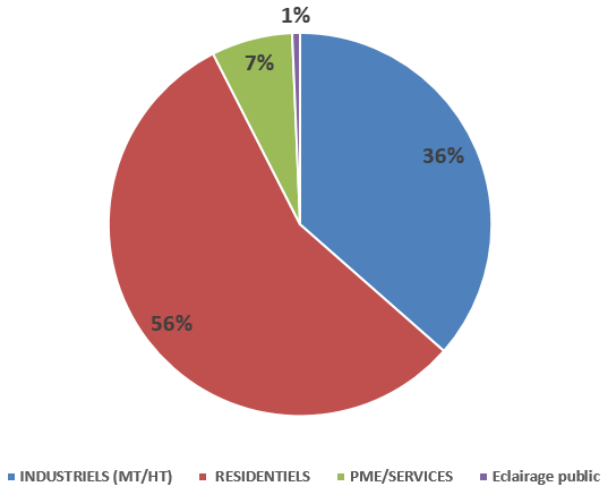


Figure I-14 : Répartition de la consommation d'électricité par secteur d'activité

(Source : ORE – 2016)

I.4.5. Emissions de C02 de Madagascar

En 2012, le facteur d'émission relatif à la production d'énergie électrique est de 463 g CO_2-eq/kWh [15]. La Figure I-15 montre l'évolution des émissions de CO_2 liées à la production d'électricité ces dernières années. Cette augmentation permanente est due à l'intégration de plusieurs centrales thermiques dans le mix électrique du pays.

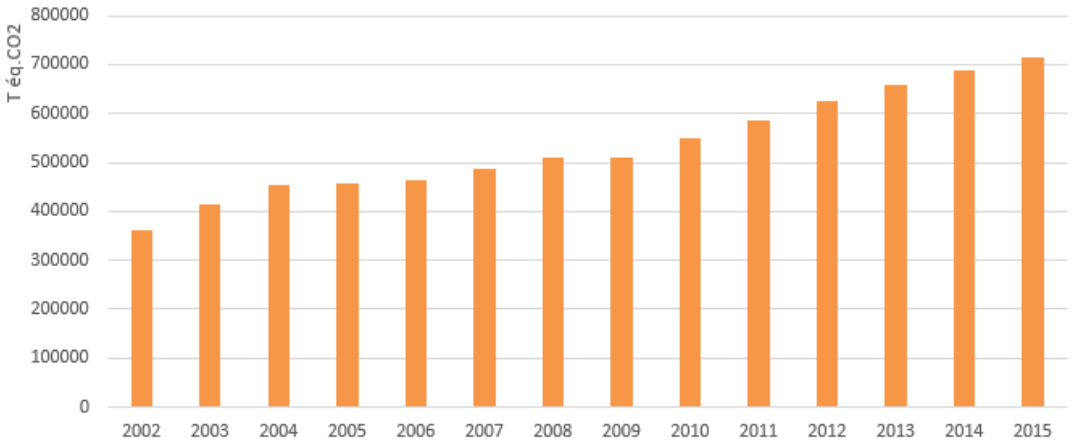


Figure I-15 : Evolution des émissions de CO_2 de Madagascar

I.4.6. L'enjeu énergétique de Madagascar

Le développement de l'accès à l'énergie électrique constitue le principal défi énergétique du pays. En effet, le développement socio-économique va de pair avec l'augmentation de la production d'énergie. Le taux d'électrification à Madagascar est considéré parmi les plus faible au monde. Pour l'ensemble du pays, ce taux n'est que de 12%, et si on considère le milieu rural le taux d'électrification est de moins de 5 % alors que 67% de la population se trouve en milieu rural. Ce faible taux d'électrification constitue un frein au développement d'activités économiques.

L'Etat a toujours apporté des subventions, qui constituent un poids non négligeable sur les finances publiques, au secteur de l'énergie. Les subventions sont de deux natures, il s'agit d'une part de la subvention apportée aux prix des carburants qui ont pesé lourdement sur le budget de l'Etat. D'autre part, il y a la fixation de prix de l'électricité induisant aussi une subvention à la JIRAMA[22] et qui limite sa capacité d'investissement et/ou de payement de ses arriérés.

[22] Jiro sy Rano Malagasy : c'est la compagnie nationale d'électricité à Madagascar

I.5. DEVELOPPEMENT DURABLE

Par définition, le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs[23] [16].

Le développement durable vise à concilier trois piliers fondamentaux pour assurer à la société un cadre de vie général acceptable pour chacun [17].

Le premier de ces trois piliers est l'équité sociale dont le but est la satisfaction des besoins primordiaux en termes de logement, alimentation, santé et éducation pour une société. Cela afin de réduire les inégalités entre les individus dans le respect de leur culture.

Le second pilier est l'efficacité économique dont le but est d'assurer une gestion saine et durable de la société, sans préjudice pour l'environnement et pour l'Homme.

Le troisième et dernier pilier concerne la qualité environnementale dont le but est de préserver les ressources naturelles à long terme, en maintenant les grands équilibres écologiques et en limitant les impacts environnementaux liés à ces ressources naturelles, en particulier fossiles.

I.6. TRANSITION ECOLOGIQUE

La transition écologique se définit comme le passage d'un mode d'interaction entre un être vivant, en l'occurrence l'homme, et son environnement ou d'autres êtres vivants en ayant comme soucis de ne jouir que du juste nécessaire à son besoin et non pas d'aller vers le gaspillage [18].

La transition écologique correspond avant tout à une transformation en profondeur de la population sur sa façon de produire, de consommer les biens de la nature, de travailler et de vivre ensemble. Elle correspond en grande partie à un changement de modèle économique et social essentiellement basé sur le profit immédiat à un autre paradigme basé sur l'écoute du plus démuni, l'entre-aide, le partage, la méditation, la spiritualité

La transition écologique se décline en de multiples notions interdépendantes. En premier lieu, il y a la transition agroalimentaire qui consiste à la substitution d'une

[23] Rapport Brundtland - 1987

agriculture industrielle et chimique à une agriculture biologique et paysanne. Ensuite, il y a la transition industrielle c'est-à-dire la substitution d'une industrie délocalisée basée sur l'obsolescence programmée à une industrie de proximité avec des biens durables, facilement réparables et mieux recyclables. Une notion de la transition écologique figure la préservation de la biodiversité en tant que préoccupation intrinsèque à l'humanité. Il y a aussi la transition énergétique que nous allons développer dans le paragraphe suivant.

I.7. TRANSITION ENERGETIQUE

La transition énergétique est une notion de la transition écologique. C'est un concept que plusieurs pays ont déjà engagé du fait que d'une part les énergies fossiles constituent une source limitée et d'autre part que ces ressources impactent négativement sur le climat de la planète.

En France, la transition énergétique consiste plutôt à une priorité à la réduction de la consommation d'énergie. Le gouvernement s'est donné comme objectif une réduction par deux de la consommation d'énergie à horizon 2050 et de 30% de la consommation d'énergie fossile à l'horizon 2030 [19] en misant sur une politique décarbonnée via le nucléaire et du développement des énergies renouvelables.

Aux Etats-Unis, la transition énergétique conduit à l'exploitation de ressources non conventionnels notamment le gaz de schistes qui comme le nucléaire induit d'autres types de pollution autres que les GES. L'Allemagne a comme ambition d'arrêter les centrales nucléaires.

A Madagascar la transition énergetique pourrait permettre une augmentation de l'accès à l'électricité. Selon [20] la transition énergetique à Madagascar est possible mais il faut faire preuve de volonté et dépasser les discours et passer à l'action.

La vision de la transition énergetique à Madagascar est orientée au tour de trois objectifs [21]. Il s'agira en premier lieu de procéder à une réduction sensible des centrales thermiques fonctionnant au diesel, au profit des sites hydroélectriques dont le potentiel n'est exploité qu'à peine 2% : 162 MW sur 7 800 MW. Le deuxième objectif sera de faire passer de 15% à 70% le taux de desserte des ménages en électricité ou en éclairage moderne à des prix abordables. Le troisième objectif consiste à l'extension du réseau, c'est-à-dire viser à ce que la production d'électricité provienne à 75% de l'hydroélectricité, 5% de l'éolien, et 5% du solaire, soit 85% de sources

d’énergie propres, les 15% restant, étant de la thermique en complément et en appui aux énergies renouvelables.

Dans tous les cas, chaque pays doit faire face à l’épuisement des énergies fossiles, à la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre, à la hausse des factures d’énergie pour les ménages et les entreprises. En effet, la transition énergetique devrait concerner en premier lieu au secteur résidentiel et tertiaire où nous observons une part importante de la consommation énergétique.

I.8. CONCLUSION

Nous avons cerné dans ce chapitre les données qui permettront de caractériser les contextes énergétique et environnemental dans le monde, en France et à Madagascar. Nous avons développé que les énergies fossiles se placent en tête des consommations d’énergie primaire. Les émissions de GES relatives à ces consommations augmentent ces dernières années. Le concept de développement durable nous incite à préserver ces ressources pour les besoins des générations à venir. Le secteur résidentiel et tertiaire contribue fortement à la consommation d’énergie. Dans le cadre de cette thèse, nous allons cerner ce qui se passe au niveau des espaces bâtis en termes d’émissions de GES en rapport avec les flux de matières et d’énergies.

CHAPITRE II

ETAT DE L'ART, METHODOLOGIE ET OUTILS

II.1. INTRODUCTION 27
II.2. DESCRIPTION D'UN SYSTEME COMPLEXE PAR APPROCHE SYSTEMIQUE 27
II.2.1. Définition 27
II.2.2. Préceptes de la description systémique 28
II.2.3. Concepts de la description systémique 28
II.2.4. Description d'un système espace bâti par la description systémique 29
II.3. DESCRIPTION TYPOLOGIQUE DANS LE CADRE DE L'ETUDE 31
II.3.1. Typologies de produits des flux de matière de la construction 31
II.4. ANALYSE DE CYCLE DE VIE 35
II.4.1. Le cadre normatif de l'analyse de cycle de vie 35
II.4.2. Le processus de l'Analyse de Cycle de Vie 36
II.4.3. Logiciels d'Analyse de Cycle de Vie existants 40
II.4.4. Limites des logiciels d'Analyse de Cycle de Vie existants 42
II.5. CONCLUSION 43

CHAPITRE II. ETAT DE L'ART, METHODOLOGIE ET OUTILS EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET ENERGETIQUE

II.1. INTRODUCTION

Nous développons dans ce chapitre les concepts méthodologiques liés à notre étude. L'analyse environnementale porte sur un système complexe qu'est le système espace bâti. Nous aborderons dans ce chapitre l'approche typologique et l'approche systémique pour permettre l'étude des interactions entre l'espace bâti et l'environnement. Nous allons voir ensuite le cadre normatif et méthodologique de l'Analyse de Cycle de Vie. L'objectif final de l'étude environnementale est d'avoir des résultats sous forme de ratio. L'application de ces approches simplifiera notre démarche.

II.2. DESCRIPTION D'UN SYSTEME COMPLEXE PAR APPROCHE SYSTEMIQUE

II.2.1. Définition

L'approche systémique est une méthode d'étude des entités complexes, fondée par [22]. Elle permet d'identifier et de définir les différents niveaux d'organisation et de déterminer les phénomènes d'interactivité d'un système complexe.

L'analyse d'un espace bâti est complexe. En effet, un bâtiment est un système complexe composé de plusieurs éléments en interaction les uns avec les autres selon des actions, des modalités, des caractéristiques physiques, des flux de matière, et d'énergie observés à différentes échelles de temps et d'espace. Un espace bâti est le siège de multiples phénomènes autour des caractéristiques mécaniques et structurelles, des caractéristiques thermiques (conduction, convection, rayonnement, transfert sensible et latent, charge thermique, transfert hydrique, transfert aéraulique, …), des caractéristiques physiologiques, des caractéristiques sociologiques, économiques, environnementales. Cette multitude de phénomènes a pour conséquence la prise en compte d'un nombre important de degré de liberté. Nos analyses peuvent porter sur des phénomènes limités pour lesquels une approche cartésienne classique est tout à fait adaptée. Elles peuvent aussi intégrer un nombre plus important de phénomènes physiques. Dans ce cas, nous sommes amenés à changer de paradigme sur le plan méthodologique et adopter une approche systémique phénoménologique ou de type boîte noire [23] ou hybride. Nos recherches

peuvent nous conduire à une intégration encore plus large de phénomènes au-delà des lois de la physique ou des sciences expérimentales ou exactes. Dans ce cas nous devons faire appel à des méthodes spécifiques aux systèmes multi-complexes. Dans cette dernière situation les systèmes que nous analysons seront représentés comme des boîtes noires que nous observerons à travers les flux d'énergies et de matières entrants et sortants.

L'intégration de l'approche systémique aux outils que nous allons développer est donc nécessaire afin d'évaluer notre système à différentes échelles d'observations et dans sa globalité [24]. En effet, nous pourrons étudier les flux de matière tant bien au niveau de la description globale (bâtiment) qu'au niveau de la description élémentaire (produits).

II.2.2. Préceptes de la description systémique

La description systémique s'appuie sur quatre préceptes [25] :

- ✓ le précepte de téléologie qui permet de raisonner à partir de l'objectif d'étude du système (ce précepte est à mettre en parallèle avec le précepte de causalité de l'approche cartésienne) ;
- ✓ le précepte de pertinence donne lieu à une représentation de la réalité par l'observateur (ce précepte est à mettre en parallèle avec le précepte d'évidence de l'approche cartésienne) ;
- ✓ le précepte de globalité mène à la réflexion d'une vision globale d'un système composé de plusieurs éléments réels au sens physique du terme en interaction (ce précepte est à mettre en parallèle avec le précepte réductionniste où interviendra des éléments fictifs au sens mathématiques du terme de l'approche cartésienne) ;
- ✓ le précepte d'agrégation qui met en œuvre l'assemblage de l'ensemble des phénomènes et la considération d'un système dans sa globalité (ce précepte est à mettre en parallèle avec le précepte d'exhaustivité de l'approche cartésienne).

II.2.3. Concepts de la description systémique

Quatre concepts fondamentaux s'appuient sur l'approche systémique [26] :

- ✓ l'interaction qui traduit les relations entre plusieurs éléments complexes ;

- ✓ la complexité doit être de vigueur afin de traduire au mieux les phénomènes sans en déroger l'un d'eux qui pourrait avoir son importance dans le comportement du système ;
- ✓ la totalité fait référence à l'importance de rassembler tous les éléments (structurels, fonctionnels) en relation avec les entrées et les sorties du système. ;
- ✓ l'organisation est le processus d'agencement des relations entre composants ou éléments produisant une nouvelle unité. Elle représente l'aspect structurel et fonctionnel d'un système.

II.2.4. Description d'un système espace bâti par la description systémique

Vu la complexité d'analyse d'un espace bâti, l'intégration de cette démarche à notre outil est nécessaire afin d'évaluer notre système à différentes échelles et dans sa globalité. Nous pourrons ainsi étudier les flux de matière et d'énergie aussi bien au niveau de la description globale qu'à élémentaire. Cette description consiste à identifier et à définir les sous-systèmes de l'espace bâti ainsi que les éléments qui les caractérisent.

II.2.4.1 Système Espace Bâti (SEB.)

Le système espace bâti est le niveau intermédiaire entre une zone d'activité élémentaire et l'espace bâti. Ce niveau d'observation est particulièrement intéressant dans le cadre de notre approche, puisqu'il servira de tremplin pour un changement d'échelle pour l'analyse des flux matière ou énergie. Ainsi, nous pourrons passer de l'analyse à l'échelle d'un produit à plusieurs échelles spatiales plus en amont de celui-ci.

En aval du système espace bâti, nous pouvons procéder à la description systémique des sous-systèmes jusqu'aux systèmes les plus élémentaires. La Figure II-1 récapitule la représentation systémique dans le cadre de l'analyse des flux matières [27], mais aussi l'intégration de l'approche typologique au niveau de la plus petite entité.

II.2.4.2 Espace Bâti (EB)

Un espace bâti est composé d'un ensemble de bâtiment d'un même secteur d'activité. Nous pouvons considérer comme espace bâti une école, une habitation ou

encore un hôpital. Les analyses globales se feront au niveau de l'espace bâti. Les sous-systèmes suivants qui composent l'espace bâti sont les bâtiments et les espaces fonctionnels.

II.2.4.3 Bâtiments (B)

Dans un espace bâti, nous pouvons retrouver un ou plusieurs bâtiments. Par exemple pour une université, elle est constituée de plusieurs bâtiments : un bâtiment d'une faculté, un bâtiment de travaux pratiques, un bâtiment administration et bien d'autres bâtiments.

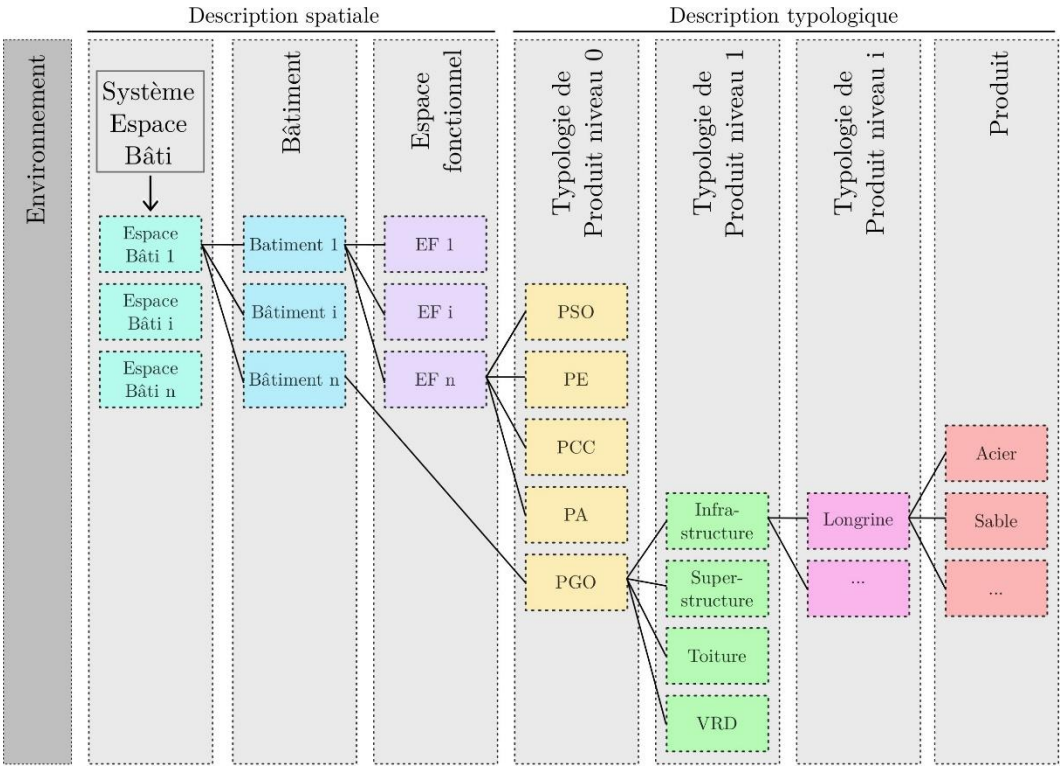


Figure II-1 : Description systémique et typologique de l'analyse des flux matière

(Source : HOARAU C. - 2017)

II.2.4.4 Les Espaces Fonctionnels (EF)

Un bâtiment est composé de divers espaces fonctionnels. Un espace fonctionnel est déterminé selon son utilisation. C'est au sein de cette entité que s'opèrent directement les transferts et la transformation de flux. Elle représente le niveau ultime de description structurelle d'un bâtiment.

L’approche systémique intervient dans la description telle explicitée dans le présent paragraphe elle nous sera également nécessaire dans la phase d’analyse des résultats de bilan des flux (matière et énergie). Une analyse hiérarchique pourra être mise en place en lien avec les descriptions explicitées.

II.3. DESCRIPTION TYPOLOGIQUE DANS LE CADRE DE L’ETUDE

L’approche typologique sera considérée dans plusieurs phases de nos recherches. Notamment :

Autour des flux matières nous considérons des typologies de produits et des typologies d’impacts environnementaux.

Autour des flux d’énergie nous sommes amenés également à considérer différentes typologies d’énergie en œuvre dans l’espace bâti.

Autour des structures des espaces bâtis, nous sommes amenés à considérer des typologies de bâtiments, d’espaces fonctionnels et de configurations géométriques.

Autour du fonctionnement des espaces bâtis nous sommes amenés à considérer des typologies de secteur d’activité, des typologies de journée type, des facteurs d’usages type à l’échelle journalière et mensuelle, des phénomènes type…

Les produits consommés au sein d’un espace bâti sont associés à une nomenclature très complexe, selon leur nature, selon leurs propres phases de vie, selon les phases de vie de l’espace bâti telles que sa construction, son fonctionnement ou sa démolition [27].

La description typologique de produit reposant sur plusieurs niveaux d’identification. Dans ses travaux, [27] a défini les niveaux de typologie de produit. L’objectif de cette description est de permettre une classification des matériaux et une analyse sur plusieurs échelles typologiques d’observations.

Nous allons dans la suite de cette thèse nous focaliser sur les aspects typologiques autour des flux matière qui sont au cœur de nos analyses.

II.3.1. Typologies de produits des flux de matière de la construction

Les analyses peuvent se faire aussi bien au niveau du produit, mais aussi à l’échelle des classifications typologiques de produits. Nous considérons les typologies de la Figure II-2 ;

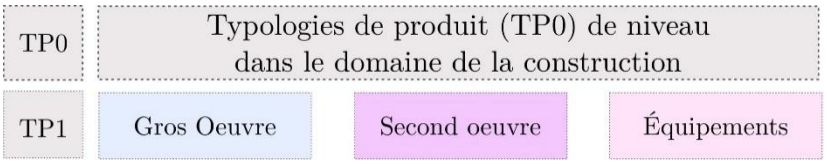


Figure II-2 : Description des typologies de produits niveau 0 des flux de matière

(Source : HOARAU C. - 2017)

II.3.1.1 Les typologies de produits Gros Œuvre (PGO)

Les Produits Gros Œuvre sont récapitulés sur la Figure II-3. Elles regroupent tous les matériaux de construction et les composants de la structure des bâtiments. Nous identifions quatre principaux ouvrages de gros œuvre qui constitueront le niveau typologique de niveau 1 des produits gros œuvre. Il s'agit d'abord de l'infrastructure qui est composée de neuf sous-niveaux de TP2. Il y a la superstructure formée par six sous-niveaux de TP2. La toiture est constituée de quatre sous-niveaux de TP2 et les VRD aussi en quatre sous-niveaux de TP2.

A chaque niveau typologique TP1 sont alors définis des niveaux typologiques TP2. Les produits gros œuvre sont comptabilisés au niveau du bâtiment dans l'analyse contrairement aux autres typologies de produits qui sont associés à des espaces fonctionnels.

TP0	Typologie de produits Gros oeuvre			
TP1	Infrastructure	Superstructure	Toiture	VRD
TP2	Soubassement	Maçonnerie-Voile	Charpente	Terrassement
	Dallage	Poteau	Couverture	Réseau EP-EU
	Plancher	Poutre	Accessoire de toiture	Réseau AEP-Incendie
	Poteau	Plancher	Évacuation des EP	Réseau courant fort-faible
	Longrine	Dalle		
	Radier	Linteau		
	Mur de souténement			
	Semelle filante			
	Semelle isolée			

Figure II-3 : Description des Produits Gros Œuvre et des sous niveaux

(Source : HOARAU C. - 2017)

II.3.1.2 Les typologies de produits second œuvre (PSO)

Les Produits Second Œuvre englobent les produits des ouvrages du second œuvre du bâtiment. La Figure II-4 présente la description typologique des Produits Second Œuvre qui sont décomposés en 9 niveaux typologiques TP1. Il s'agit de Cloisons avec ses quatre sous-niveaux TP2, de faux plafond avec ses trois sous-niveaux TP2, de menuiserie composée de trois sous-niveaux TP2, d'électricité formé de trois sous-niveaux TP2, d'enduits composés de trois sous-niveaux TP2, de peintures avec ses quatre sous-niveaux TP2, de revêtements de sol composé de quatre sous-niveaux TP2, de revêtements muraux composés de trois sous-niveaux TP2 et de plomberie avec ses trois sous-niveaux TP2

Les typologies de produits PSO sont associés aux espaces fonctionnels.

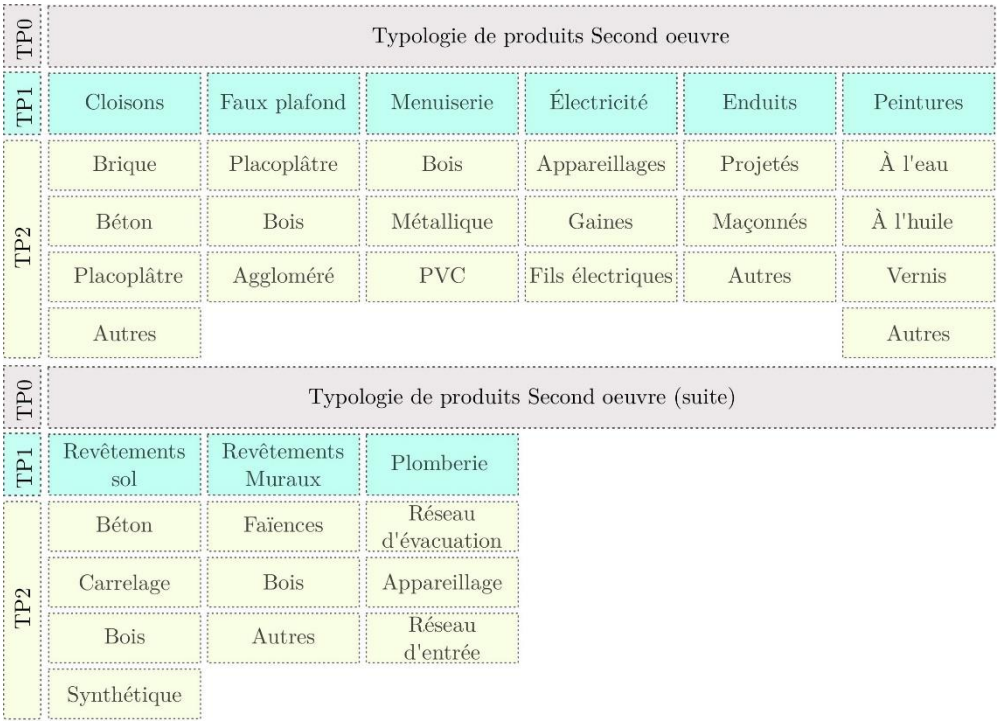


Figure II-4 : Description des Produits Second Œuvre et des sous-niveaux

(Source : HOARAU C. - 2017)

II.3.1.3 Les typologies de produits d'équipements (PE)

Les Produits d'Équipements sont composés de l'ensembles des produits assurant l'équipement des Espaces Bâtis composé de produits second œuvre, des appareils électriques et électroniques, ou encore les mobiliers.

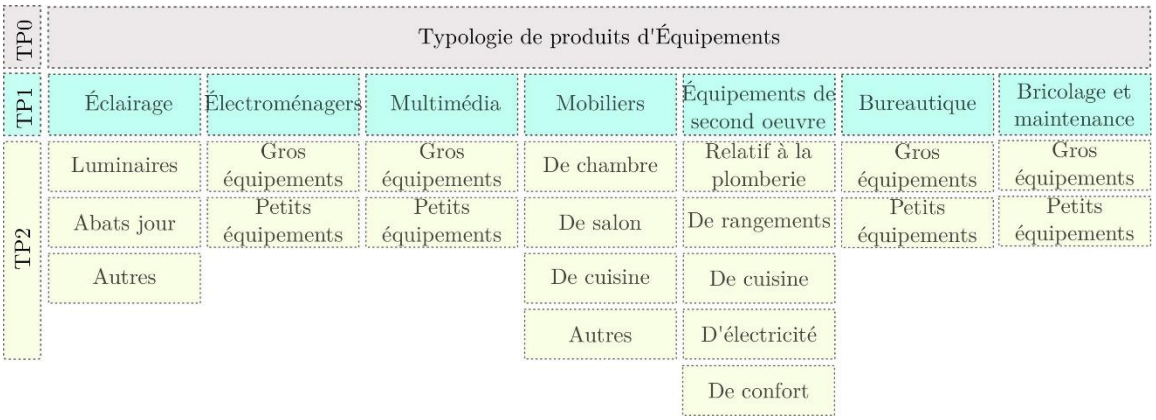


Figure II-5 : Description des Produits d'Équipements et sous-niveaux

(Source : HOARAU C. - 2017)

La description des produits d'équipements de la Figure II-5 identifie sept typologies de TP1. Il s'agit de l'éclairage avec de trois sous-niveaux TP2, de l'électroménagers formés de deux sous-niveaux TP2, du multimédia composé de deux sous-niveaux TP2, des mobiliers composés de quatre sous-niveaux TP2, des équipements de second œuvre avec cinq sous-niveaux TP2, de la bureautique avec deux sous-niveaux TP2 et du bricolage et maintenance composés de deux sous-niveaux TP2. Les typologies de produits PE sont également associés aux espaces fonctionnels.

II.3.1.4 Les autres typologies de produits

Nous observons d'autres typologies de produits en phase de fonctionnement du bâtiment. Ces typologies de produits peuvent être aussi abordées dans l'analyse d'impacts. Ces typologies peuvent être des produits d'activité qui sont constitués de produits fabriqués ou transformés dans le bâtiment telles que les entreprises et institutions. Il peut s'agir également des produits de consommation courante qui englobe les produits consommables observés dans le bâtiment. Il y a les ressources en eau et les typologies de déchets. Nous ne considérons pas ces produits dans notre analyse.

II.4. ANALYSE DE CYCLE DE VIE

II.4.1. Le cadre normatif de l'analyse de cycle de vie

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une méthode d'évaluation environnementale normalisée. La norme NF EN ISO 14044 définit le cadre général de l'ACV [28]. Cette norme permet de mener une évaluation des impacts environnementaux d'un produit ou d'un procédé en proposant une méthode pour avoir les résultats à partir des différentes étapes de calculs.

Avant il fallait considérer une série de norme pour faire une analyse de cycle de vie. En octobre 2006, la mise à jour de la norme NF EN ISO 14 040 [29] indique la description des caractéristiques et des bonnes pratiques de la réalisation d'une analyse de cycle de vie. La norme NF EN ISO 14 041 indique la définition de l'objectif, du champ de l'étude et de l'analyse de l'inventaire. La norme NF EN ISO 14 042 mentionne la détermination des principales spécificités de l'évaluation de l'impact du cycle de vie. En fin la norme NF EN ISO 14 043 donne la précision des exigences et des recommandations pour l'interprétation des résultats.

En 2006, la norme NF EN ISO 14044 a remplacé cette série de norme. Cette nouvelle norme apporte des informations concernant la performance environnementale d'un système étudié. Pour avoir des meilleurs résultats d'Analyse de Cycle de Vie, le recours au cadre normatif est plus que nécessaire.

L'objectif d'une ACV est de pouvoir quantifier les impacts environnementaux d'un produit. Faire une ACV consiste alors à effectuer l'inventaire des flux de matières et d'énergies pour les différentes phases de cycle de vie d'un produit.

La Figure II-6 présente les différentes étapes de cycle de vie d'un produit [30]. Elle commence par l'extraction des matières premières. Cette phase nécessite une consommation énorme d'énergie et de matière. La deuxième étape consiste à la fabrication du produit qui nécessite également une forte demande en énergie et matière. La troisième étape s'agit du transport du produit du lieu ou du pays de fabrication vers le lieu ou le pays d'utilisation. La quatrième étape est la distribution du produit. L'impact environnemental pour ces deux dernières étapes est caractérisé par la consommation de carburant qui varie en fonction du mode de transport utilisé et surtout la distance à réaliser [31]. L'étape suivante est l'utilisation du produit durant laquelle il y a une consommation d'énergie qui varie suivant le type du produit. La

dernière étape de cycle de vie est la phase de fin de vie durant laquelle il y aura le traitement des déchets qui peut s'agir d'une élimination ou d'une valorisation.

Figure II-6 : Les étapes de cycle de vie d'un produit

(Source : Jardin BiO)

II.4.2. Le processus de l'Analyse de Cycle de Vie

Selon le cadre normatif de l'ACV, le processus d'analyse de cycle de vie se fait en quatre étapes [32]. Ce processus est représenté sur la Figure II-7.

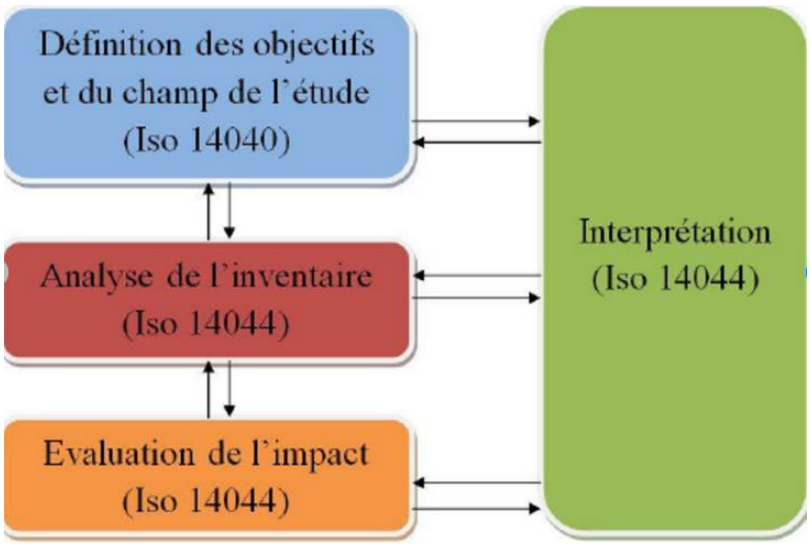


Figure II-7 : Le processus normalisé d'une ACV

(source : Moign A. – 2011)

La première étape de l'Analyse de Cycle de vie consiste à définir les objectifs et le champ de l'étude. C'est à ce niveau que sont fixés les limites du système, les hypothèses et besoins en informations. La deuxième étape de l'ACV consiste à faire l'inventaire des différents flux de matière et d'énergie durant le cycle de vie du produit. La troisième étape permet de faire l'évaluation de l'impact qui donnera lieu une classification des flux entrants en catégories d'impact. En dernière étape, il y aura l'interprétation des résultats. Il s'agira de faire des analyses pour chacune des trois premières étapes. Les analyses permettent en effet de redéfinir les objectifs ou les hypothèses de départ [33]. Ainsi, l'ACV est une méthode dynamique et itérative parce qu'elle permet de revenir à chaque étape sur les définitions de départ.

II.4.2.1 Objectifs et champs de l'étude

Pour réaliser une ACV, la définition des objectifs et du champ de l'étude doit permettre d'assurer sa cohérence par rapport à l'application à effectuer. En 2012, Gazulla et al. [34] ont présenté que dans la construction d'un bâtiment, plusieurs paramètres sont à considérer pour cette étape de l'ACV. Il s'agit de la mise en évidence de la fonction du système en précisant ses paramètres de fonctionnement. Cela permettra de comparer les résultats de l'étude du système par rapport à d'autres systèmes ayant la même fonction. Il faut déterminer aussi la limite du système c'est-à-dire sa frontière physique et ses flux. A ce stade, la définition de la limite du système est importante pour bien répondre aux objectifs posés. Il faut fixer ensuite l'unité fonctionnelle qui est l'unité à considérer pour les flux entrants et sortants du système durant la phase d'inventaire de l'ACV. La définition des objectifs de l'étude peut se faire par la démarche de la Figure II-8 énoncée par [27].

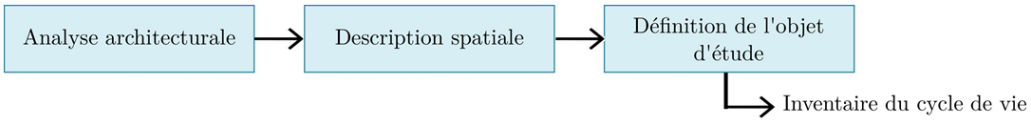


Figure II-8 : Démarche pour la définition des objectifs et des champs de l'étude

(source : HOARAU C. - 2017)

II.4.2.2 Inventaire et analyse de l'inventaire

L'inventaire consiste à décrire qualitativement et quantitativement les flux de matière et d'énergie traversant les limites du système étudié. Il s'agit aussi de

déterminer les méthodes de calculs utilisées. Jolliet et al. [35] ont présenté que compte tenu du fait que les processus intervenant durant le cycle de vie se font différemment dans le temps et dans l'espace, de nombreuses informations sont à traiter dans des contextes différents. Pour rendre les différentes émissions comparables on utilise la notion d'agrégation, qui consiste à regrouper plusieurs éléments en distinguant les contributions des diverses sources d'émission aux impacts totaux.

Pour l'inventaire de cycle de vie, la démarche de [27] s'appuie sur trois étapes qui sont récapitulées sur Figure II-9.

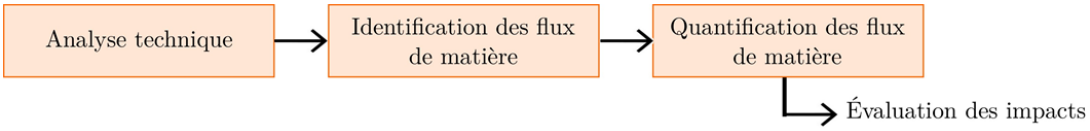


Figure II-9 : Démarche de l'inventaire de cycle de vie

(source : HOARAU C. - 2017)

L'analyse technique consiste à des études en rapport avec le comportement mécanique, thermique ou l'éclairagisme. L'identification des flux consiste à déterminer les typologies de flux. La quantification sert à déterminer le nombre, les dimensions, la composition et la provenance du produit.

II.4.2.3 Evaluation de l'impact

L'évaluation des impacts du cycle de vie consiste à transformer un inventaire de flux en une série de catégories d'impacts ou autrement appelées indicateurs environnementaux, qui seront évaluées au sein du système étudié. L'ONERC[24] [36] définit un indicateur comme une information associée à un phénomène, permettant d'en informer l'évolution dans le temps, et pouvant donner les raisons de cette évolution. Leurs identifications et leurs caractérisations sont utilisées pour identifier les tendances d'évolution, de comparer les résultats à d'autres systèmes ayant la même fonction, et d'aider à la décision et à la planification des projets. Dans le cadre de cette thèse, nous pourrions nous intéresser à l'ensemble des impacts environnementaux afin d'évaluer les effets engendrés sur l'environnement d'un projet, d'un processus ou d'un procédé. Ses impacts sont multiples et sont caractérisés par les indicateurs

[24] *Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique*

numériques. Le Tableau II-1 donne un récapitulatif des catégories d'impacts. Les résultats de l'évaluation de l'impact obtenus permettent d'obtenir le profil environnemental du système analysé.

Tableau II-1 : Les catégories d'impacts

Indicateurs environnementaux	***Indicateurs numériques***
Épuisement des ressources	kgSbeq.
Changement climatique	kgCO_2eq.
Acidification atmosphérique	kgSO_2eq
Pollution de l'air	m^3 d'air
Pollution de l'eau	m^3 d'eau
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kgCFC^{-11}eq.
Formation d'ozone photochimique	kgC_2H_4eq.
Consommation d'énergie	MJ
Production de déchets	kg

Cependant, nous limiterons dans un premier temps au seul impact en lien avec le changement climatique c'est-à-dire le facteur d'émission de gaz à effet de serre. Plusieurs applications que nous avons conduites ont repris l'ensemble de ses indicateurs d'impact, ils font l'objet d'un projet de publication en cours de rédaction.

A cette phase nous nous intéressons à l'inventaire du cycle de vie puis à l'identification et la caractérisation des facteurs d'impacts afin d'aboutir à l'interprétation des résultats d'inventaire d'impacts. [27] a énoncé la démarche de la Figure II-10 pour cette phase.

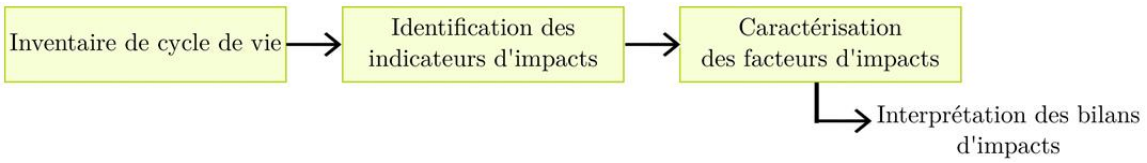


Figure II-10 : Démarche pour l'évaluation des impacts

(source : HOARAU C. - 2017)

II.4.2.4 Interprétation des résultats

L'interprétation des résultats est la dernière étape de l'Analyse de Cycle de vie. Elle consiste à combiner les résultats de l'inventaire et de l'évaluation de l'impact du cycle de vie pour vérifier la cohérence des résultats avec les objectifs et le champ de l'étude. Une interprétation pertinente et globale comprend trois phases. Il s'agit d'abord de l'identification des enjeux significatifs en mettant en évidence les éléments majoritairement contributeurs ou négligeables. Ensuite, il a la vérification par des contrôles de complétude, sensibilité et cohérence. Enfin, il y a lieu de donner les conclusions, limitations et recommandations.

Pour faire l'interprétation des résultats de l'inventaire, [27] a énoncé la démarche de la

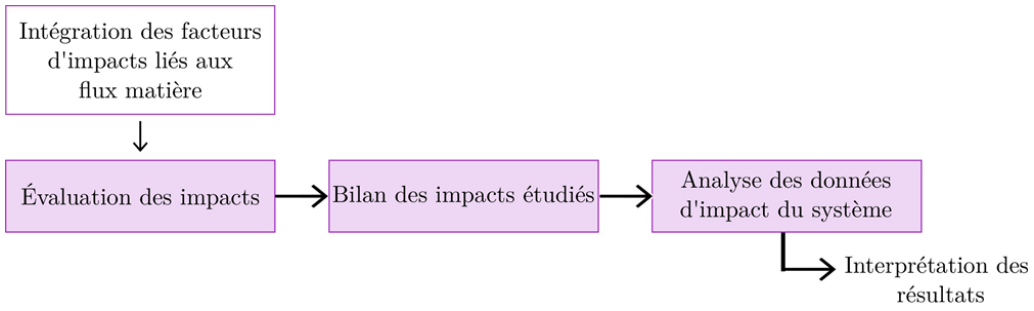


Figure II-11 : Démarche d'interprétation des résultats de l'inventaire

(source : HOARAU C. - 2017)

II.4.3. Logiciels d'Analyse de Cycle de Vie existants

Il existe plusieurs logiciels pour l'Analyse de Cycle de Vie en rapport avec les matériaux de construction et le bâtiment. Il s'agit des logiciels GEMIS [37], BEES [38], Bilan des émissions [39], Elodie [40] et Simapro [41]

Plusieurs types d'applications peuvent être étudiés avec ces logiciels. En effet, avec ces outils, une ACV peut être menée sur plusieurs échelles d'observations. Il s'agit de l'échelle de produit/matériaux, de l'échelle d'un bâtiment ou de l'échelle d'une entreprise.

La question qui se pose toujours avant de faire une ACV est la question portant sur le choix de logiciel à utiliser. Chaque outil a été élaboré avec un objectif fixé et des méthodes d'analyse et de calculs qui lui sont propres. Ainsi, pour le choix d'un logiciel,

il faut déjà savoir les résultats attendus, et c'est en fonction de ces résultats que le choix du logiciel se fasse.

Une autre préoccupation aussi se pose concernant la base de données qu'il utilise. En effet, les données de chaque logiciel concernent un contexte géographique et technologique donné. ELODIE utilise par exemple la base de données INIES (France). Il en de même pour GEMIS et GaBi qui utilisent la base de données Okobau (Allemagne).

BEES est plus recommandé pour une ACV produit ou à la comparaison de produits d'une même typologie. Simapro permet d'intégrer des produits de manière indifférenciée. Cependant, le nombre important de produits de construction d'un bâtiment peut rendre difficile l'interprétation des résultats en raison de la quantité d'information qui se superposent. L'évaluation est faite à l'échelle du bâtiment sans se préoccuper à quel poste revient l'impact le plus important et s'il est possible d'y remédier.

La question de l'approche spatiale est alors soulevée. Si à l'échelle d'un bâtiment le nombre de produits est conséquent, comment approcher un espace bâti dans son ensemble ? La méthode Bilan des émissions tient compte de l'ensemble des émissions de GES d'un site. Cependant, il ne s'intéresse qu'aux émissions liées à la construction des bâtiments, alors qu'il est préférable de considérer l'ensemble des étapes de la vie d'un produit pour apprécier son impact environnemental. La seconde question qui intervient est celle de la caractérisation des produits : ceux-ci diffèrent par l'origine des matériaux dont ils sont faits et leur usage. Comment donc classifier ces produits et permettre leur analyse à différentes échelles spatiales ?

Si BEES propose une approche systémique permettant un classement par groupes de produits, il reste tout de même intéressant de pouvoir comparer des produits de typologies différentes. La troisième question porte sur le choix des critères et des indices environnementaux utilisés. L'ACV réclame une analyse de l'ensemble des étapes de la vie d'un produit : néanmoins, ce n'est pas une nécessité pour toutes les analyses environnementales. Le même raisonnement s'applique aux indicateurs environnementaux. Quels sont alors les critères et les indicateurs utiles pour l'analyse environnementale d'un projet de construction ? Enfin, la dernière question revient à la manipulation des logiciels. Si l'outil permet la prise en compte de nombreux produits

et la sortie de plusieurs résultats, comment rendre facile et conviviale leur utilisation ? Le logiciel Simapro est considéré comme le meilleur outil d'analyse environnementale Toutefois, la complexité de son interface nécessite une familiarisation avec l'outil, voire une formation en cas d'analyses complexes. Or, il est nécessaire que la prise en main de l'outil soit la plus intuitive possible, afin que l'utilisateur puisse exploiter l'ensemble des possibilités qu'il lui offre.

Notre objectif est donc de concevoir un outil d'analyse environnementale applicable au système d'espaces bâtis notamment pour le cas de la construction de bâtiment à Madagascar.

II.4.4. Limites des logiciels d'Analyse de Cycle de Vie existants

Les logiciels d'ACV existants ne permettent pas toujours une application adaptée à d'autres contextes comme Madagascar. En effet, les bases de données utilisées par ces logiciels sont adaptées au système pour lequel elles ont été développées. Par exemple, la base de données US LCI de BEES [42] a été conçu pour le contexte de construction américain. La base de données INIES de ELODIE concerne les procédés de fabrication des produits en France.

Les méthodes de calcul intégrées sur les logiciels sont aussi variées en fonction des objectifs visés et des résultats attendus. Ainsi, faire une analyse comparative des résultats entre différents logiciels est souvent difficile. Le nombre d'indicateurs traités pour l'analyse des résultats n'est pas le même puisqu'il peut s'agir d'une méthode monocritère ou multicritère.

Les études de Peuportier [43] ont permis de voir un état de l'art complet sur ces outils. Actuellement, [44] a montré que plusieurs limites récurrentes peuvent justifier une utilisation encore limitée de ces outils dans la pratique

Il s'agit en premier lieu du manque d'harmonisation des méthodes de calculs des données d'impacts environnementaux intégrées aux outils d'ACV : chaque base de données possède sa propre méthode pour l'ACV des produits. Par exemple, les frontières de l'étude et les phases de cycle de vie considérées (du berceau à la tombe, du berceau à l'opération, etc.) peuvent varier. Par conséquent, leur comparaison ne peut se faire puisqu'elles sont spécifiques et traduit un contexte d'étude.

Ensuite, il y a le manque d'approches simplifiées pour mieux appréhender la globalité du modèle ACV : une approche unique permettrait de cadrer les applications. De plus, la comparaison de résultats pourrait être effectuée, bien que le nombre d'indicateurs considéré soit différent.

Il s'agit aussi du manque d'approche systémique autour de la notion de système d'espace bâti : la considération de la description systémique jusqu'à d'autres échelles d'observation que celle du produit ou du bâtiment, offrirait l'avantage d'effectuer d'autres types d'analyses tels que l'analyse analytique. Ainsi, la discussion de la performance environnementale ne se limiterait plus à l'échelle du produit ou du bâtiment, mais pourrait s'étendre à l'échelle d'un îlot, d'un quartier ou même du territoire.

En dernier lieu, l'accessibilité à ces logiciels reste limitée et coûteuse. En effet, l'ensemble des logiciels demande des connaissances techniques pour la caractérisation d'un bâtiment. Par ailleurs, leur accessibilité nécessite l'achat d'une licence souvent très coûteuse.

II.5. CONCLUSION

Nous avons traité dans ce chapitre la présentation des concepts méthodologiques utilisés pour l'analyse des flux matières et énergies. Il s'agit de la description d'un système complexe par une approche systémique et l'application de cette description à un espace bâti. Nous avons traité aussi la description typologique appliquée dans le cadre de cette étude. Nous avons développé le cadre normatif de l'Analyse de Cycle de Vie, le processus de l'ACV. Nous avons également présenté les logiciels d'ACV existants et mis en avant les limites de ces logiciels pour une application quelconque.

Nous avons ainsi toutes les bases de développement d'un outil d'analyse de cycle de vie de flux matière dans une approche système permettant une mise en œuvre de bilan global d'impact environnemental autour d'un système d'espace bâti. Le même outil permet de réaliser une analyse économique dans le même cadre méthodologique.

CHAPITRE III

CONCEPTION, REALISATION ET APPLICATION D'UN OUTIL ACV AUTOUR DES FLUX MATIERES DANS UN ESPACE BATI

III.1. INTRODUCTION 47
III.2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE DE LA CONCEPTION 47
III.2.1. Analyse de faisabilité 47
III.2.2. Analyse architecturale 53
III.2.3. Analyse technique 58
III.2.4. Analyse des structures 59
III.2.5. Analyse environnementale 78
III.2.6. Analyse économique 81
III.3. CONCEPTION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE 81
III.3.1. Application de l'approche ACV à un Système Espace Bâti 81
III.3.2. Présentation des outils existants 84
III.3.3. Objectif 84
III.4. ASPECTS METHODOLOGIQUES DE LA CONCEPTION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE 85
III.5. MODELISATION PAR APPROCHE ORIENTEE OBJET 87
III.5.1. Diagramme de Classes 87
III.5.2. Notions utilisées par le diagramme de classes 88
III.5.3. Diagramme de classe de l'outil d'analyse de flux matière 88
III.6. REALISATION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE 91
III.6.1. Langage de programmation 91
III.6.2. Présentation de l'interface de l'outil 93
III.6.3. Manipulation de l'outil 93
III.6.4. Présentation des résultats 96
III.6.5. Résultats par espace fonctionnel 108
III.6.6. Résultats globaux 110
III.6.7. Synthèse 112
III.6.8. Etude comparative de deux variantes 114
III.7. CONCLUSION 117

CHAPITRE III. CONCEPTION, REALISATION ET APPLICATION D'UN OUTIL ACV AUTOUR DES FLUX MATIERE DANS UN ESPACE BATI

III.1. INTRODUCTION

Ce chapitre traite la conception, la réalisation d'un outil d'analyse de flux matière et son application sur notre objet d'étude. Nous commençons par présenter la démarche méthodologique de la conception. Nous traitons l'application de l'approche systémique et la description typologique à un espace bâti. Nous présentons également une nouvelle modélisation de l'analyse des flux matières par l'approche orientée objet. Nous décrivons ensuite le développement d'un nouvel outil d'analyse avec le langage orienté objet de Matlab. L'application au bâtiment Master sera traitée à la fin de ce chapitre avec une comparaison de deux variantes de configurations afin de dégager l'opportunité d'utiliser les matériaux de constructions locaux.

III.2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE DE LA CONCEPTION

Avant de passer à la conception de l'outil, nous présentons une nouvelle démarche méthodologique pour l'analyse des flux matière. L'organigramme de la Figure III-1 présente de manière synthétique les étapes à suivre pour cette démarche.

La démarche est subdivisée en 5 étapes d'analyses : faisabilité, architecturale, technique, environnementale et économique. Celles-ci vont s'appuyer sur des outils et diverses simulations qui vont nous permettre d'obtenir des résultats comme les quantifications de tous les produits utilisés. Ces données seront utilisées dans un outil de bilan de flux couplées à des bilans environnemental et économique, et qui mettra en évidence à partir des ratios et graphes les diverses analyses et qui permettra à la fin de définir un choix sur les meilleures solutions à préconiser.

III.2.1. Analyse de faisabilité

Le maître d'ouvrage est l'initiateur et financeur d'un projet. C'est lui qui définit les objectifs et le programme en fonction de ses besoins. Il s'agit d'étudier toutes les hypothèses avant une prise de décision concernant la construction. En effet, les résultats de cette analyse apporteront des idées claires à l'entreprise qui va réaliser la construction. Nous considérons les cas de figure à considérer.

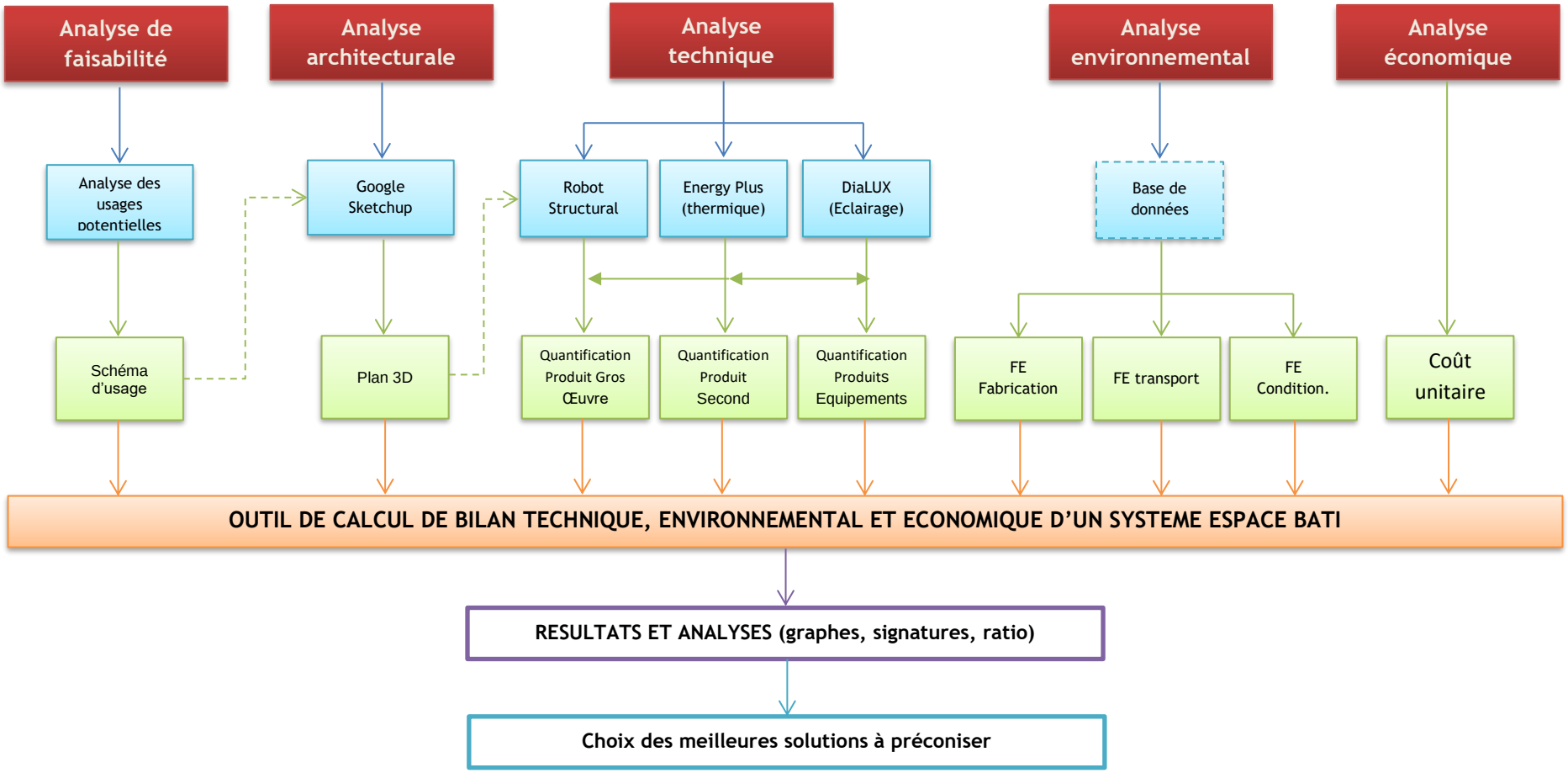


Figure III-1 : Démarche méthodologique de la conception de l'outil d'analyse des flux matières.

III.2.1.1 Observations topographiques et analyse des usages potentiels

La consultation des usagers constitue la première phase de l'analyse de faisabilité. Il s'agit de recenser les attentes et les besoins des futurs utilisateurs potentiels du batiment.

L'objet de notre étude est un projet de construction d'un bâtiment de formation que nous allons nommer Bâtiment Master. Le site d'implantation choisi pour ce projet se trouve à Antsiranana, plus précisément au sein de l'Université d'Antsiranana. La Figure III-2 ci-après indique l'emplacement du projet.

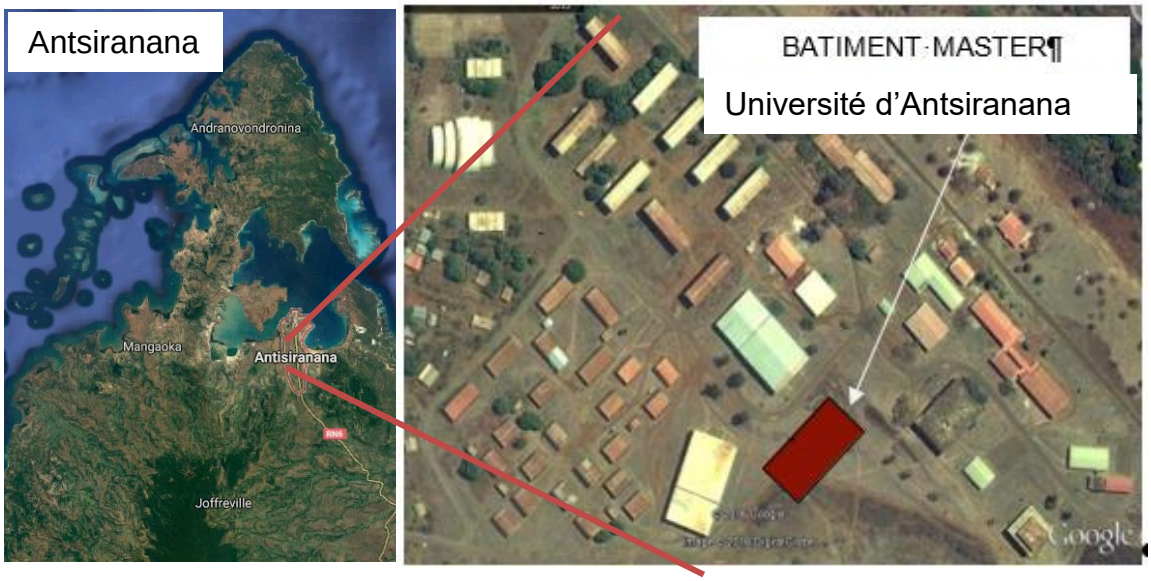


Figure III-2 : Plan d'implantation, vue du ciel du système espace bâti

Ce bâtiment est destiné au secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche.

III.2.1.2 Schémas d'usage

Le Tableau III-1 nous montre l'usage des espaces fonctionnels. Nous retrouvons des espaces fonctionnels dédies à un bureau administratif, à plusieurs salles de classe, à plusieurs salles de travaux pratiques, une salle informatique, un centre de documentation, un bureau administratif, une salle de réunion et d'autres espaces fonctionnels liés au bon fonctionnement de l'espace bâti.

Tableau III-1 : Caractéristiques des espaces fonctionnels

Espace fonctionnel	Capacité d'accueil (nombre de personnes)	Surface du plancher		Fonction
		Surface [m2]	% espace bâti	
SC1	28	87,92	7, 33 %	Enseignement
SC2	20	64	5,33 %	Enseignement
SC3	20	64	5,33 %	Enseignement
SC4	20	64	5,33 %	Enseignement
TP1	15	96	5,99 %	Travaux pratiques
TP2	15	96	8 %	Travaux pratiques
TP3	12	85,12	7,09 %	Travaux pratiques
Salle d'info	10	70,24	5,85 %	Recherche
Local technique	2	24	2 %	Bureau d'étude
Bibliothèque	37	94,24	7,85 %	Stockage livre, lecture
Bureau	15	85,191	7,10 %	Travaux administratifs
Salle de réunion	20	57,68	4,81 %	Tout type de réunion
Toilette	6	29,2	2,14 %	Besoins personnels
Couloir	40	165,94	13,83 %	Axe menant vers chaque salle
TOTAL	**260**	**1078**	**90 %**	

III.2.1.3 Consultation du plan d'urbanisme directeur (contrainte d'aménagement)

La consultation du plan d'urbanisme est plus importante dans la mesure où c'est un outil de planification qui permet aux collectivités d'aménager de façon harmonieuse et cohérente leur territoire. Il s'agit aussi de voir les textes règlementaires concernant l'urbanisme (Figure III-3). En effet les textes conditionnent les occupations et les utilisations du sol, les réseaux divers tels que voirie, eau, assainissement, électricité, les caractéristiques des parcelles, la hauteur des constructions, leurs implantations et leurs aspects extérieurs.

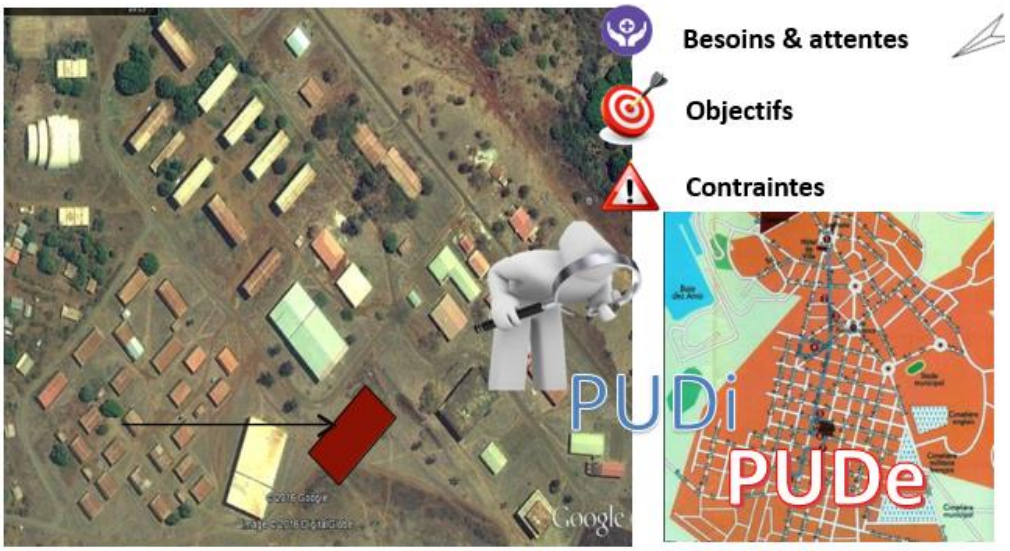


Figure III-3 : Consultation des plans d'urbanisme

L'appel d'offre pour la mise à jour des PUDi[25] a été lancé en 2017 pour la Commune Urbaine d'Antsiranana. Par contre, l'élaboration du PUDé[26] n'est effective que pour deux quartiers de la commune. Pour le site d'implantation de notre bâtiment, il n'y a pas encore de PUDé défini.

III.2.1.4 Topographie du site

Cette analyse concerne la prise en compte des contraintes du site et de l'environnement. Elle se traduit généralement par l'étude du potentiel du site par rapport à la surface constructible nécessaire c'est dire du plan volumétrique. A cette phase, il faudrait déjà penser à l'étude des possibilités d'accès au site et surtout des contraintes environnementales à respecter. Ces paramètres influenceront les autres phases de l'analyse.

L'implantation prévue pour notre projet d'étude satisfait la plupart des paramètres d'adaptation topologique. En effet, sur la Figure III-4, nous constatons que la surface disponible sur le site est encore favorable pour la construction de nouveau bâtiment. Nous constatons que le batiment Master aura une configuration géométrique semblable aux bâtiments environnants. Il y a une possibilité d'accès au bâtiment par la route qui passe sur sa façade principale. Le bâtiment Master sera construit sur un terrain prêt à bâtir donc nous n'aurons plus à effectuer des travaux de terrassement et

[25] PUDi : Plans d'Urbanisme Directeurs
[26] PUDe : Plan d'Urbanisme Détaillé

nous pourrons omettre dans ce cas l'impact engendré par les produits et matériaux nécessaires pour ces travaux. Tous les matériaux pourront être approvisionner à tous moments.

Figure III-4 : Adaptation topologique du site d'étude

(source : Image DigitalGlobe – 2016)

III.2.1.5 Insertion du bâtiment dans son environnement

L'intégration du bâtiment dans son environnement est le premier principe de l'architecture [45]. En effet, il est essentiel d'avoir une parfaite connaissance du milieu avoisinant incluant la topographie du terrain, les bâtiments et masques solaires voisins, les vents dominants, les radiations solaires incidentes et même la végétation environnante. La connaissance de ces paramètres permettra d'optimiser la forme géométrique du bâtiment, la position et le type des ouvertures. La présence des arbres sur le site d'implantation peut par exemple constituer un atout pour briser les vents dominants et pour assurer les effets d'ombrages.

La Figure III-4 illustre l'insertion du bâtiment Master dans son environnement. Sur cette figure nous pouvons apercevoir les bâtiments voisins. Nous constatons qu'il n'y a pas beaucoup de végétation.

III.2.1.6 Orientation

L'orientation du bâtiment est un facteur essentiel. En effet pour profiter du rayonnement solaire en confort thermique et en éclairage naturel, une attention particulière doit être tenue compte sur le choix de l'orientation d'un bâtiment. Il en est de même pour la ventilation naturelle, le bon choix de l'orientation du bâtiment permettra l'évacuation et le renouvellement de l'aire à l'intérieur de celui-ci.

Dans le cadre de ce travail nous envisageons d'intégrer comme source d'énergie le solaire photovoltaïque sur la toiture, ainsi une orientation 0° Nord sera convenable pour l'emplacement de ce bâtiment.

III.2.2. Analyse architecturale

L'analyse architecturale permet de dégager les points essentiels relatifs à l'insertion du bâtiment dans son environnement, l'orientation et la forme du bâtiment ainsi que les choix des matériaux pouvant être utilisés. Pour mettre en œuvre l'analyse architecturale, nous nous intéressons à une phase préliminaire (Figure III-5) à travers les observations du site environnants englobant les bâtiments voisins, les végétations environnantes, la situation météorologique, voire la topographie du site, la connaissance de ceci contribue à définir la formes et l'orientation et le choix des matériaux.

Figure III-5 : Phase préliminaire de l'analyse architectural

Le choix de la conception architecturale sera axé surtout sur une démarche bioclimatique Figure III-6 avec laquelle on peut favoriser l'éclairage naturel et la ventilation naturelle, réduisant ainsi autant que possible la consommation d'énergie et le recours à toute forme de climatisation et de chauffage. Nous envisageons également à concevoir un espace bâti à faible impact environnemental et éventuellement avec un faible coût de construction et de fonctionnement.

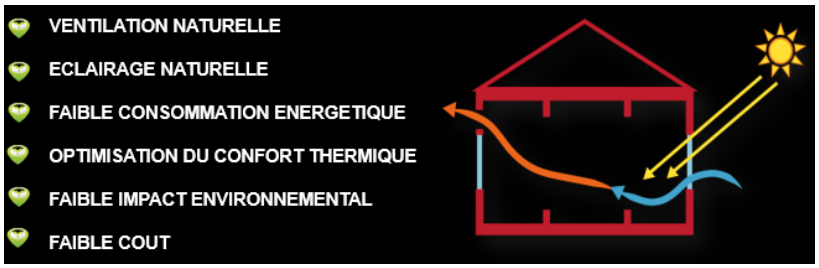


Figure III-6 : Démarche de la conception bioclimatique

III.2.2.1 Forme architecturale

A part l'orientation du bâtiment, il faut s'intéresser à la forme de la structure qui est aussi un paramètre très influant sur les interactions entre le bâtiment et son environnement immédiat. La logique d'implantation comme la densité du bâtiment doit respecter une certaine homogénéité avec les bâtiments existants. [45] préconise une volumétrie simple de préférence rectangulaire et compacte. L'uniformité du sol c'est-à-dire même nature, pas de différence de niveau entre les bâtiments doit être également conservée pour assurer une meilleure homogénéité thermique.

Pour une meilleure visibilité, la modélisation en 3D avec l'outil Sketchup de la conception est nécessaire. Le bâtiment est constitué d'un rez-de-chaussée avec :

- ✓ une emprise au sol de 1603,5 m²,
- ✓ une surface du plancher de 1200 m²

La Figure III-7 montre une vue en perspective de ce bâtiment.

Figure III-7 : Vue en perspective du bâtiment Master

III.2.2.2 Ouvertures

Une conception optimale du positionnement et de la taille des ouvertures (Figure III-8) permet de créer la différence de pression entre les façades du bâtiment nécessaire à la création du courant d'air. Il existe différents types d'ouverture qui permettra de renforcer la ventilation par prise et extraction d'air. Les écopes, les percées, les sheds ou tout simplement les fenêtres lorsqu'elles sont bien orientées et dimensionnées permettent de brasser la totalité de l'air intérieur.

Figure III-8 : Positionnement et de la taille des ouvertures du batiment Master

III.2.2.3 Espaces fonctionnelles

Le bâtiment Master est constitué d'un rez-de-chaussée avec une emprise au sol de 1603 m² et d'une surface du plancher de 1200 m². Il est composé de 14 espaces fonctionnels. La Figure III-9 montre la modélisation 3D des espaces fonctionnels de ce bâtiment

Figure III-9 : Modélisation 3D des espaces fonctionnels du bâtiment Master

III.2.2.4 Equipements des espaces fonctionnels

Chaque espace fonctionnel sera décrit avec l'ensemble des équipements : mobiliers, matériels de bureautique, matériels pédagogiques, matériels associés aux réseaux, électricité et eau et autres équipements de second œuvre.

Figure III-10 : Représentation 3D des espaces fonctionnels du bâtiment Master

III.2.2.5 Choix des matériaux

Les points suivants influencent sur le choix des matériaux à utiliser :

a. Condition climatique

Le climat dominant de Diégo-Suarez est connu pour être de type tropical. La température est en moyenne de 26.5°C avec des pics à 30°C en Décembre-Janvier-Février (saison humide). Le Varatraza, alizé peu violent, balaye la région d'Avril à Octobre créant ainsi une climatisation naturelle. Il y a peu de cyclones qui affectent la région. Les conditions du bâtiment autorisent donc une ventilation naturelle et privilégie un matériau pouvant se comporter comme un isolant thermique limitant surtout l'apport de chaleur. Un système de chauffage est inutile parce que l'hiver est faiblement frappant durant toute l'année. Par contre, juste à titre de prévention, l'installation de plusieurs brasseurs d'air a été quand même envisagée pour garantir le confort à l'intérieur du bâtiment durant les pics de chaleur en été.

b. Situation géographique et environnement

La prise en compte de l'environnement extérieur peut permettre de limiter l'exposition du bâtiment aux bruits, et d'utiliser à bon escient des protections naturelles telles que la végétation. Cela nécessitera également une bonne identification des principales sources de pollutions sonores extérieures (par exemple routes). Dans notre cas, le bâtiment est plutôt placé sous un endroit calme situé à quelques mètres de la mer. Elle est entourée par quelques bâtiments décorés par des végétations aux alentours.

c. Fonction du bâtiment

Le bâtiment a pour principale fonction de se comporter comme un lieu de formation et de recherche. On y trouve également des espaces fonctionnels comme une bibliothèque, des salles de travaux pratiques, un bureau et une toilette. De ce fait, une bonne isolation acoustique apportera un environnement propice pour tous les étudiants et employés du bâtiment.

d. Regard environnemental

La sélection des matériaux de construction d'un bâtiment devra tenir compte :

- ✓ de l'énergie grise contenue dans les matériaux (énergie notamment dépensée lors de leur production et de leur transport) : il sera ainsi préférable d'opter pour des ressources locales plutôt qu'importées ;

- ✓ de la méthode de production des matériaux : les matières provenant d'une exploitation durable (par exemple bois) dont les processus ne nuisent pas à l'environnement, en suivant notamment les programmes de certification seront privilégiés ;
- ✓ du cycle de vie des matériaux : l'utilisation des matériaux recyclés ou recyclables et non polluants (par exemple béton) sera adoptée ;
- ✓ des méthodes d'entretien : les matériaux qui demandent peu d'entretien ou dont la maintenance aura un impact environnemental limité seront choisis.

e. Autres

Il est utile de préciser que notre objectif n'est pas seulement de faire l'ACV du bâtiment mais aussi la conception passive en essayant d'exploiter différents gisements naturels disponibles localement afin d'obtenir un meilleur confort pour les occupants du bâtiment tout en réduisant les besoins énergétiques futurs. Dans un environnement tropical où les températures et l'humidité sont élevées, cette stratégie devra s'articuler autour de plusieurs piliers, dont les principaux sont :

- ✓ limiter les apports de chaleur ;
- ✓ favoriser la ventilation naturelle ;
- ✓ exploiter les possibilités d'utilisation de l'éclairage naturel ;
- ✓ respecter les limites de confort interne du bâtiment.

III.2.3. Analyse technique

L'analyse technique permet d'avoir différentes sortes de données dans l'objectif de décrire les Espaces Bâtis de la manière la plus précise possible. Les logiciels de modélisation de bâtiment les plus utilisés sont Autocad [46], Revit [47], Achitecte3D, ou Sketchup [48]. Dans le cadre de cette étude nous avons utilisé Sketchup qui permet de voir un visuel du bâtiment et de définir ses différents sous-systèmes. La modélisation structurelle peut se faire avec des logiciels spécifiques tels que Robot ou Revit. Après la modélisation structurelle, l'analyse mécanique est établie pour vérifier la conformité des charges. Dans notre cas, nous avons utilisé ROBOT parce que l'exploitation des résultats de la simulation permet de faire rapidement la quantification des matériaux des typologies de produits gros œuvre.

L'analyse technique nous a permis donc de faire une étude quantitative de tous les matériaux utilisés lors de la construction du bâtiment (Produit de Gros Œuvre, Produit de Second Œuvre). Ceci nous conduit également à la réalisation du cahier de charges exposant ainsi le choix de tous les matériaux.

III.2.4. Analyse des structures

Dans notre démarche, l'analyse des structures nous permettra de vérifier non seulement le comportement mécanique de la structure mais surtout l'identification et la quantification des matériaux du gros œuvre. Pour cela, les logiciels tels Robot ou Arche peuvent être utilisés afin d'effectuer les calculs de structure. Les résultats de quantification à ce niveau constituent des données d'entrée pour la typologie des produits gros œuvre de notre outil d'analyse des flux matières.

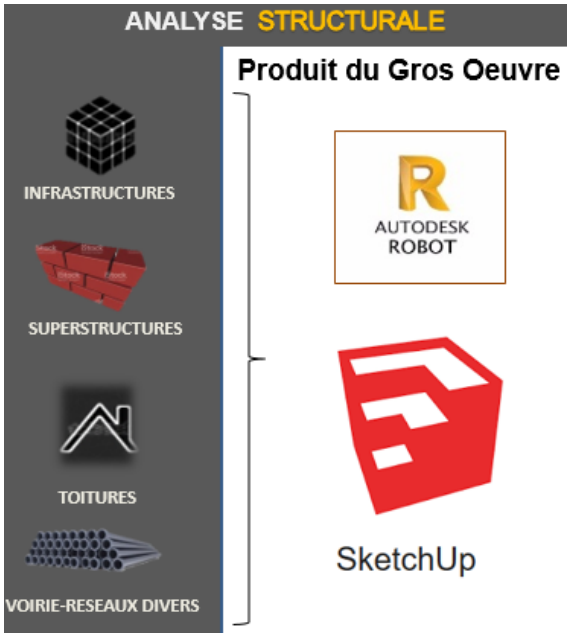


Figure III-11 : Outils d'analyse structurale

La Figure III-11 montre les outils d'analyses utilisés pour le calcul de structure et la quantification des produits gros œuvre. Cette quantification de données est ainsi faite avec des simulations réalisées sur Sketchup et Robot.

III.2.4.1 Identification des Produits de gros œuvre (PGO)

a. Ossature

L'ossature du bâtiment est en béton armé avec du parpaing comme mur de remplissage, la superstructure est ainsi composée du béton, acier et du parpaing. Diégo Suarez se trouvant dans une zone à forte intempérie et près de la mer, nous avons besoin de matériaux particulièrement résistants à l'usure et aux intempéries d'où le choix du parpaing, un matériau solide et résistant aux cyclones forts. Par contre pour les autres composants nous adoptons d'utiliser les matériaux qui sont disponibles localement.

b. Toiture

Parmi les différentes parties de l'enveloppe d'un bâtiment, les toits sont les plus directement exposés aux radiations solaires et doivent donc être conçus afin de limiter les apports de chaleur. Différents éléments, tels que la forme, la structure ou la présence de combles doivent être considérés. Le toit est étendu afin de fournir une protection supplémentaire contre les radiations solaires. Il est quand même utile de préciser que le choix de cette structure (et notamment de son orientation et degré d'inclinaison) prend également en compte l'intégration des panneaux solaires pour le bâtiment. Généralement, le toit est composé de deux parties principales : la charpente et la couverture.

- ✓ Charpente

La charpente est réalisée en bois permettant de soutenir la couverture du bâtiment. La fiche technique du bois utilisé est donnée sur le Tableau III-2.

Tableau III-2 : Caractéristiques du bois pour la charpente

Type de bois	Pin (bois exotique de la région Sava)
Fabricant	Julien Meubles menuiserie (Diégo Suarez)
Propriétés	Solide, résistant (mécanique), isolant

- ✓ Couverture

La couverture en tuile sera adoptée et posée sur la charpente. Elle permet d'isoler l'intérieur du pavillon des intempéries. Les caractéristiques relatives aux tuiles utilisées sont décrites suivant le Tableau III-3

Tableau III-3 : Caractéristiques de la tuile

Type	Tuile rouge naturel en terre cuite
Caractéristiques	Isolant thermique, résistant, hydrofuge
Fabricant	Tuilerie Briqueterie Maurice (Route Bevalala)
Dimension hors-tout [cm]	42,5×25,8
Pureau longitudinal [cm]	36
Pureau latéral [cm]	21
Nombre de pièces/m2	12,5
Poids au m2 [kg]	37
Nombres de tuiles par palette	320-480
Poids par palette (kg)	972-1440

III.2.4.2 Quantification des Produits de gros œuvre (PGO) - TP1 : Infrastructure

Le type de fondation retenu est une fondation superficielle sur semelle filante destinée pour les constructions légères situées sur un sol de bonne stabilité et de bonne qualité.

a. Béton de propreté

Les Tableau III-4 et Tableau III-5 donnent respectivement les dimensions et la quantification des produits au niveau de la typologie de produit TP2 : Béton de propreté

Tableau III-4 : Dimensionnement du béton

Longueur du béton [m]	278,12
Largeur du béton [m]	0,5
Epaisseur du béton [m]	0,05
Volume du béton [m^3]	6,953

Tableau III-5 : Identification des PGO du TP2 béton de propreté (TP1 Infrastructure)

Béton Q150	U.F	Quantité par m^3	Quantité totale	Pays d'origine
Ciment CEM I 42,5	kg	150	1042,95	Holcim Ibity (Madagascar)
Graviers 5/15	t	2	9,5	Diego(Madagascar)
Sable de rivière	m^3	0,4	2,78	Diego(Madagascar)
Eau	L	150	1042,95	Diego(Madagascar)

b. Semelle filante

Les Tableau III-4 et Tableau III-5 donnent respectivement les dimensions et la quantification des produits au niveau de la typologie de produit TP2 : semelle filante

Tableau III-6 : Dimensionnement de la semelle filante

Longueur de la semelle [m]	278,12
Largeur de la semelle [m]	0,5
Épaisseur de la semelle [m]	0,25
Volume de la semelle [m^3]	34,765

Tableau III-7 : Identification des PGO du TP2 Semelle filante (TP1 Infrastructure)

Béton dosé à 350	U.F	Quantité par m3	Quantité totale	Pays d'origine
Ciment CEM I 42,5	kg	350	12167,75	Holcim Ibity (Madagascar)
Graviers 5/20	t	1,87	29,5	Diego (Madagascar)
Sable gros 0/5	m3	0,5	26,07	Diego (Madagascar)
Eau	L	150	5214,75	Diego (Madagascar)
Armature en acier	kg	40	1390,6	Behenjy (Madagascar)
Fil à lier	kg	0,212	294,80	Behenjy (Madagascar)

III.2.4.3 Quantification des Produits de gros œuvre (PGO) - TP1 : Superstructure

L'ossature du bâtiment est en béton armé avec du bloc de béton cellulaire comme mur de remplissage, donc, la superstructure est composée du béton, acier et du béton cellulaire

a. Linteaux

Les Tableau III-8 et Tableau III-9 donnent respectivement les dimensions et la quantification des produits au niveau de la typologie de produit TP2 : Linteaux

Tableau III-8 : Dimensionnement des linteaux

Longueur totale des linteaux [m]	175,30
Largeur des linteaux [m]	0,20
Hauteur des linteaux [m]	0,20
Volume total de linteaux [m^3]	7,01

Tableau III-9 : Identification des PGO du TP2 Linteaux (TP1 Superstructure)

Produit	U.F	Quantité par m3	Quantité totale	Pays d'origine
Ciment CEM II 42,5	kg	350	2804,80	Holcim (Madagascar)
Sable gros 0/5	m3	0,7	3,23	Diégo (Madagascar)
Graviers 15/25	t	1,25	9.3	Diégo (Madagascar)
Eau	L	175	1402,40	Diégo (Madagascar)
Treillis	kg	-	378,65	Behenjy (Madagascar)

b. Voiles

Tableau III-11 et Tableau III-2 donnent respectivement les dimensions et la quantification des produits au niveau de la typologie de produit TP2 : Linteaux

Tableau III-10 : Dimensionnement des voiles

Surface totale des ouvertures extérieures [m2]	252,67
Longueur totale des murs [m]	278,12
Hauteur du mur [m]	3
Surfaces murs sans ouverture [m2]	834,36
Surface totale des linteaux [m2]	35,06
Surface réelle mur porteur [m2]	546,63
Dimension bloc [m]	0,6x 0,2x 0,25
Nombre total de bloc de béton	3646,00

Tableau III-11 : Identification des PGO du TP2 Voiles (TP1 Superstructure)

Produit	U.F	Quantité totale	Pays d'origine
Béton cellulaire	m^2	546,63	Béton Ouest (Majunga)
Mortier-colle	kg	743,78	Diégo (Madagascar)
Gâchage	L	163,63	Diego (Madagascar)

Les données de dimensionnement et de quantification de produits au niveau de la typologie des produits PGO sont présentées de la même manière. Nous retrouverons ces données en annexe 1.

III.2.4.4 Analyse thermique

L'analyse thermique de la construction est nécessaire pour limiter les besoins énergétiques en chauffage et de ventilation tout en assurant le confort des utilisateurs en toute saison. Pour cela, une simulation avec des logiciels spécifiques tel que EnergyPlus (Figure III-12) constitue une aide à la conception du bâtiment. Les résultats

de la simulation vont constituer aussi comme sources données au niveau de l'outil d'analyse des flux matière, notamment au niveau des typologies de produit gros œuvre et second œuvre et équipement. Une partie des données serviront aussi de données d'entrée de l'outil d'analyse de flux d'énergie notamment pour la quantification des composants et pour le profil d'utilisation.

a. Les paramètres essentiels pour l'étude thermique

L'étude thermique dépend généralement de la connaissance et de la maîtrise des paramètres tels que :

- la température opérative T_{op} qui est la température ressentie par le corps humain et qui résulte de la combinaison des températures de l'air ambiant T_{air} mesurée à l'ombre et la température rayonnante des parois T_{parois} qui l'entoure. Ainsi, la formule (III-1) permet de la quantifier :

$$T_{op} = \frac{T_{air} + T_{parois}}{2} \qquad \textit{(III-1)}$$

- L'humidité relative ou le degré hygrométrique est un paramètre essentiel pour l'évaluation d'un confort thermique. En effet, l'air qui nous entoure est à la fois un mélange d'un air sec et de vapeur d'eau. Ainsi, l'humidité relative s'obtient en faisant le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau $Pv(\theta)$ contenue dans l'air et la pression de la vapeur saturante $Psat(\theta)$ à une température précise θ. La formule (III-2) suivant permet de quantifier cette grandeur.

$$e[\%] = \frac{Pv(\theta)}{Psat(\theta)} \qquad \textit{(III-2)}$$

- La vitesse de l'air, en effet l'air en mouvement accélère les échanges thermiques par convection au niveau de la peau. Ce mouvement de l'air est dû aux défauts d'étanchéité des bâtiments, aux systèmes de ventilation, à la des différences de pression et de température entre l'intérieur et l'extérieur.

b. Les recommandations pour atteindre une zone de confort

En se basant sur les diagrammes de la zone de confort de la norme ASHRAE [27] 55-2004, le Tableau III-12 donne les plages de température opérative acceptable.

Tableau III-12 : Recommandations pour atteindre la zone de confort

Conditions	Températures opératives acceptables
Eté (degré d'isolement des vêtements = 0,5 clo)	
Humidité relative 30%	24,5 - 28
Humidité relative 60%	23 - 25,5
Hiver (degré d'isolement des vêtements = 1,0 clo)	
Humidité relative 30%	20,5 - 25,5
Humidité relative 60%	20 - 24

c. Méthodologie

L'étude thermique d'un bâtiment suit la démarche représentée sur la Figure III-12.

Figure III-12 : Principe de l'analyse thermique

Les outils d'analyse utilisés sont représentés sur la Figure III-13 et la Figure III-14.

Dans un premier temps, il y a la saisie des informations sur le bâtiment (fichier*.idf) comprenant : la modélisation graphique en 3D avec ses caractéristiques géométriques, l'intégration des masques existants, la délimitation du bâtiment en zones thermiquement homogènes, la composition des parois et scénarios d'occupation des différentes zones.

[27] American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

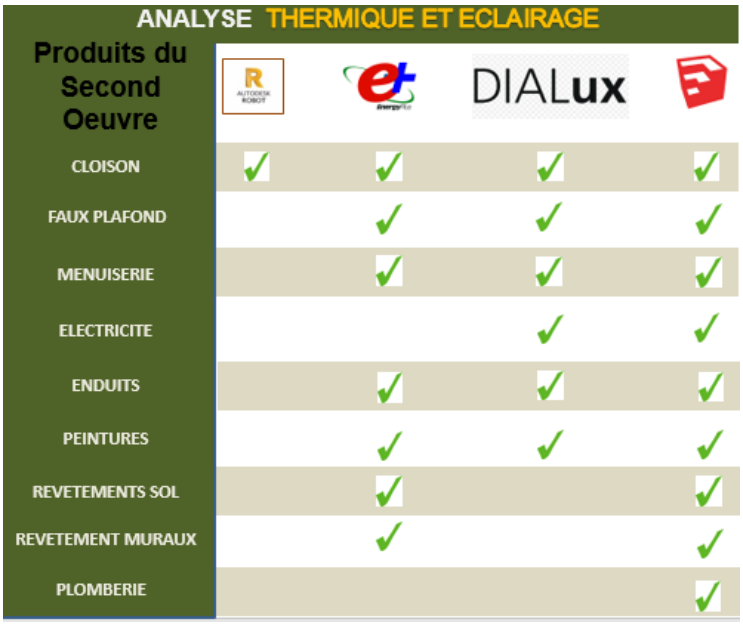


Figure III-13 : Outils d'analyse technique en PSO

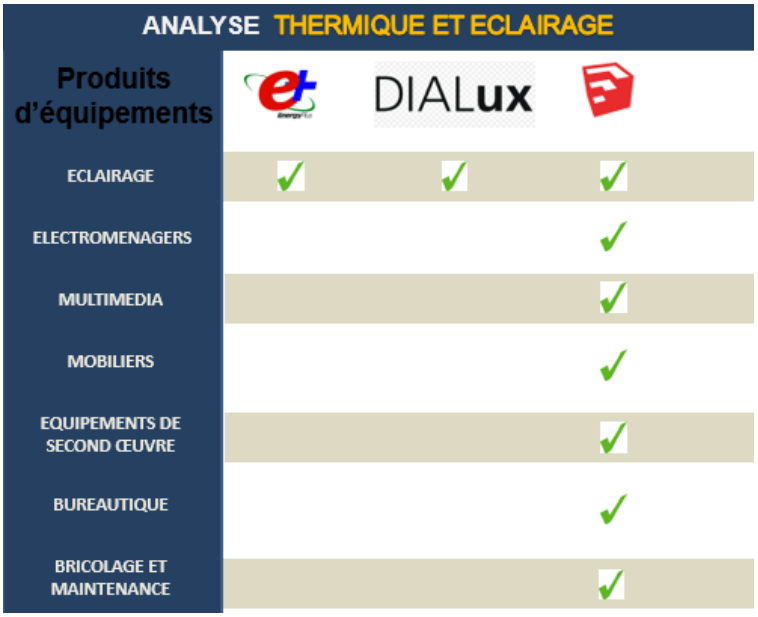


Figure III-14 : Outils d'analyse technique en PE

Dans un second temps, il y a le lancement de la simulation du comportement thermique du bâtiment sur le logiciel Energy Plus avec les données météorologiques à l'appui. Etabli sur la base d'une compilation de plusieurs années, ces banques de données climatiques utilisées proviennent d'un fichier de type *.epw spécifiques pour le site d'Antsiranana.

La modélisation 3D a été réalisé sur le plugin Open Studio du logiciel Google Sketchup et qui est en interaction avec Energy Plus. La Figure III-15 illustre le modèle représentatif du bâtiment Master avec ses parois constitutives et ses éléments d'ombrages.

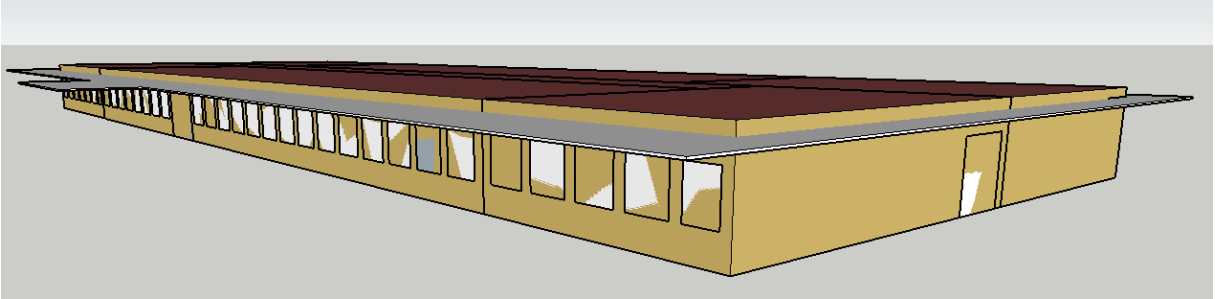


Figure III-15 : Rendu géométrique du modèle

La délimitation du bâtiment en zones thermiques est la prochaine étape qui nécessite une étude attentionnée pour toute forme de simulation thermique. En effet, il s'agit d'un concept thermique qui se définit par une zone ayant un volume d'air à température uniforme et recevant le même système de traitement d'air ou de climatisation. Certains paramètres comme l'usage ou la fonction, l'orientation par rapport au soleil peuvent différencier une zone thermique d'une autre. De par la diversité des fonctionnalités et modes d'usage des différentes salles constituant le bâtiment Master, il a été subdivisé en 7 zones thermiques représentées sur la Figure III-16.

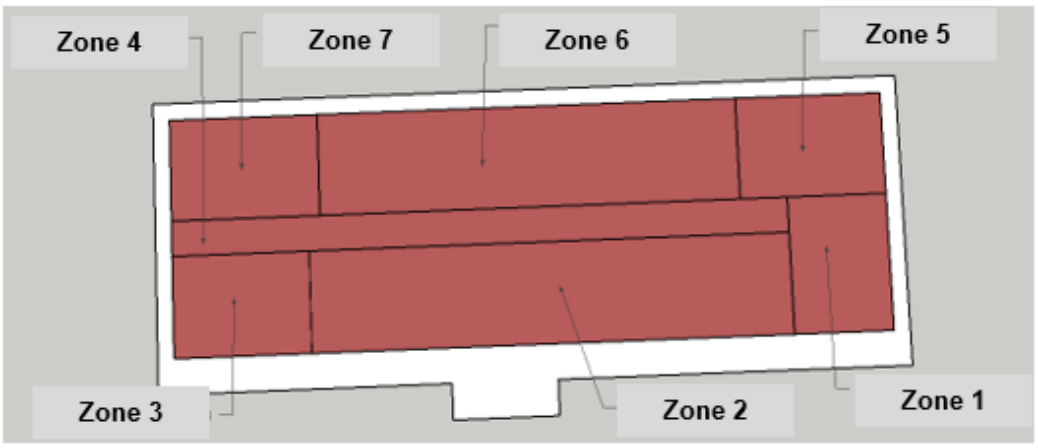


Figure III-16 : Délimitations des zones thermiques

d. Résultats de l'analyse thermique avec une configuration de base

La Figure III-17 montrent l'évolution de la température opérative observée pour la zone thermique 1 en période hivernale. Nous pouvons observer que cette zone thermique offre des températures optimales satisfaisantes pendant cette période. La simulation a montré des résultats pareils même légèrement inférieurs pour toutes les autres zones thermiques

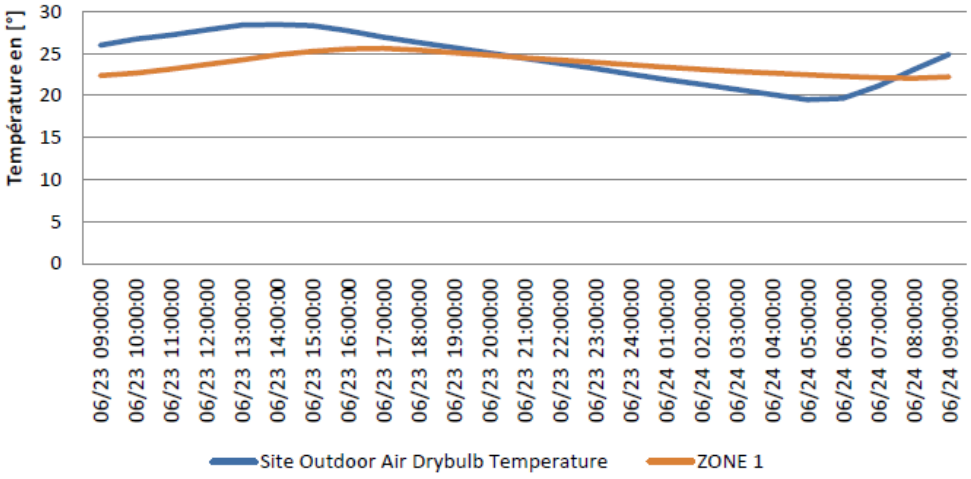


Figure III-17 : Evolution de la température opérative Batiment Master - zone 1 (Juin)

Le Tableau III-13 donne la moyenne des températures opératives et l'humidité relative pendant les heures d'occupation par rapport aux températures de confort thermique attendues de la configuration de référence du bâtiment durant la période hivernale.

Tableau III-13 : Valeur moyenne des paramètres de confort en hiver

TEMPERATURE OPERATIVE [°C]		HUMIDITE RELATIVE [%]	
Batiment master – zone 1	Reference	Batiment master – zone 1	Référence
25,01	23 – 25,5	57,21	30 – 60

Contrairement à l'hiver, en été, la température ressentie à l'intérieur de la zone 1 est toujours supérieure à la température de l'extérieure et par conséquent ne satisfait pas aux attentes comme indiquée sur la Figure III-18.

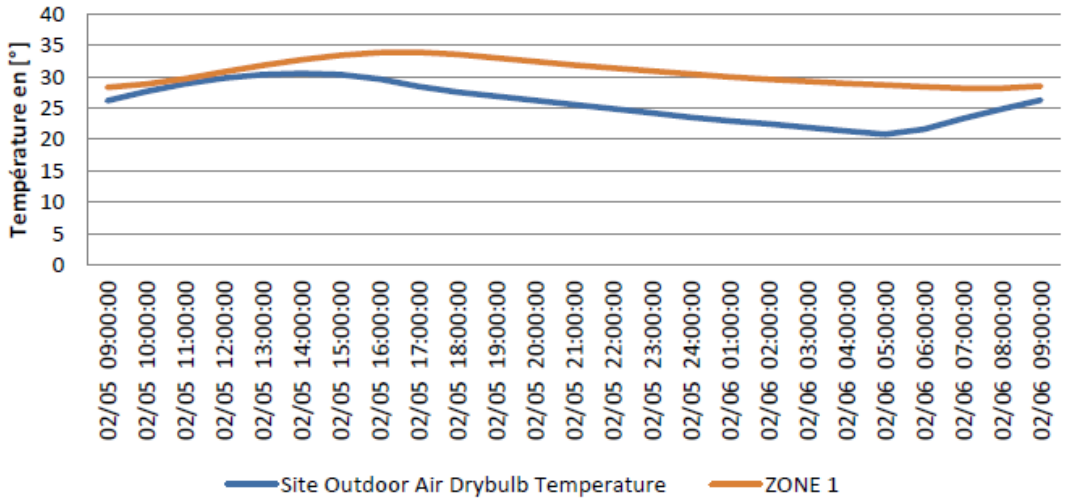


Figure III-18 : Evolution de la température opérative bâtiment Master – zone 1 (Février)

Le Tableau III-14 donne l'évaluation des températures opératives et l'humidité relative pendant les heures d'occupation par rapport aux températures de confort thermique attendues de la configuration de référence du bâtiment.

Tableau III-14 : Valeur moyenne des paramètres de confort en été

TEMPERATURE OPERATIVE [°C]		HUMIDITE RELATIVE [%]	
Batiment master – zone 1	Reference	Batiment master – zone 1	Référence
30,6	20 – 24	59,59	30 – 60

e. Résultats de l'analyse thermique avec une configuration optimisée

En hiver, la configuration initiale du bâtiment ne pose aucun problème de confort. Par contre pour satisfaire le confort en été, l'ajout d'un élément d'ombrage comme type débord de toiture a apporté des meilleurs résultats lorsque celle-ci est associée à la ventilation naturelle. L'ajout d'un débit d'air (1m/s) est encore préconisé lorsque la ventilation naturelle ne suffit pas à assurer le maintien de la température optimale, ce qui conduit à une nécessité d'ajout de brasseurs d'air dans cette zone. Ces propositions sont valables pour toutes les zones thermiques.

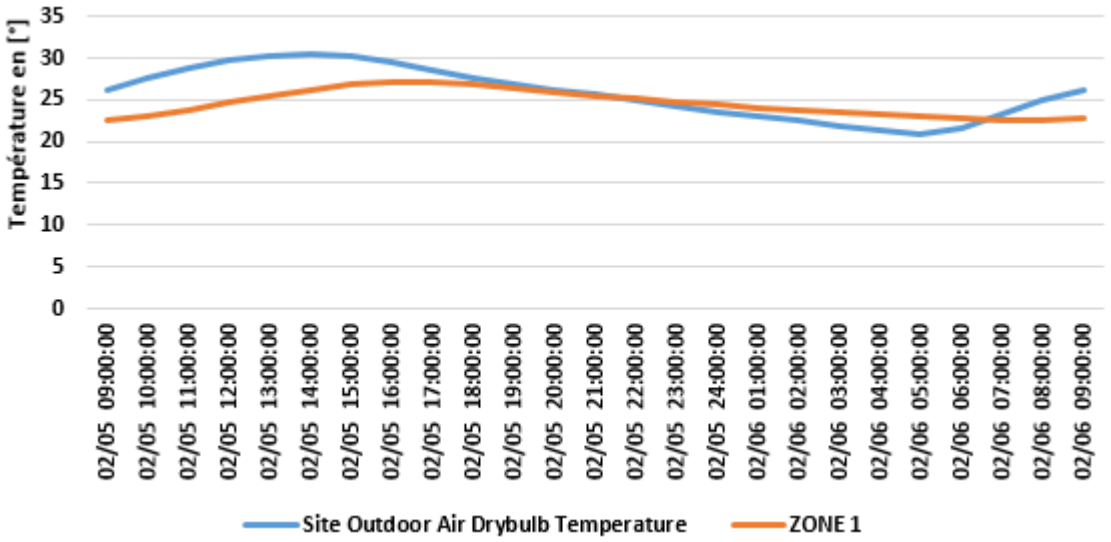


Figure III-19 : Evolution de la température opérative Batiment Master - zone 1, optimisée (Février)

La représentation du diagramme de confort de la zone thermique 1 donne les résultats suivants : 48% de ses heures d'occupations se trouvent dans la plage d'acceptabilité.

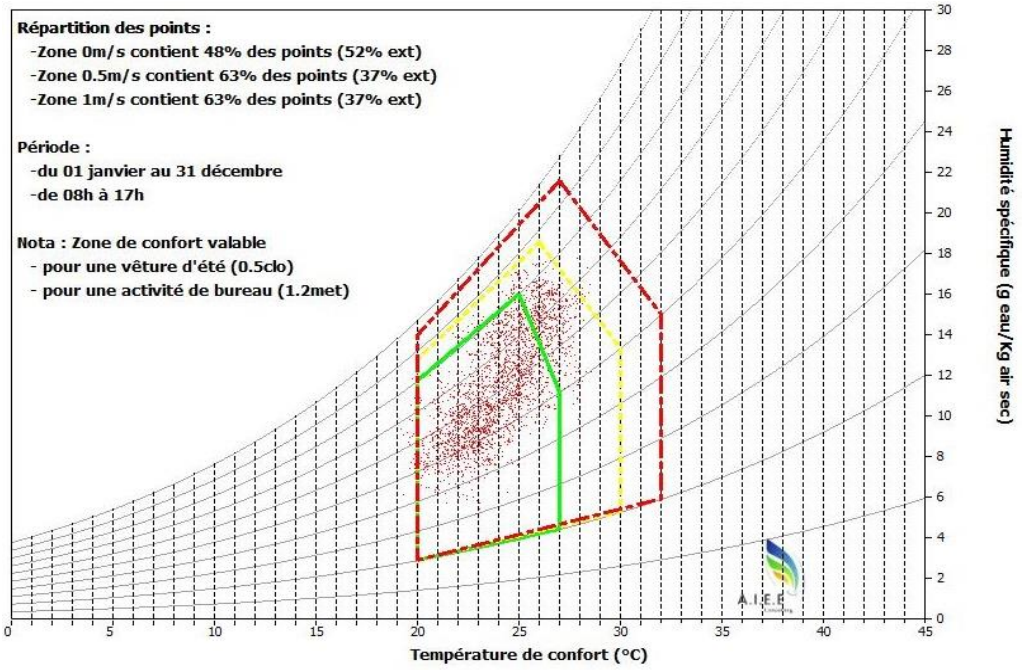


Figure III-20 : Diagramme de confort

f. Synthèse

Compte tenu de ses résultats nous pouvons procéder à la quantification des produits PSO et PE. Pour raison, d'organisation nous allons voir de suite la partie analyse de l'éclairage et présenter après la quantification pour ces deux typologies.

III.2.4.5 Analyse de l'éclairage

a. Eclairage naturel

La lumière naturelle est la partie visible du rayonnement énergétique provenant du soleil. Deux sources encore sont à considérer en éclairage naturel : le soleil qui est à l'origine du rayonnement direct et le ciel qui est émet un rayonnement diffus. La conception du bâtiment Master a été pensé pour profiter au maximum l'éclairage naturel.

b. Eclairage artificiel

La lumière artificielle est la lumière visible générée par les sources lumineuses artificielles et contient généralement des rayons infrarouges et UV, contrairement à la lumière naturelle. Il est utile de préciser que l'utilisation de la lumière du jour est plus sollicitée par diverses recommandations et règlementations.

c. Méthodologie

L'analyse de l'éclairage permettra d'assurer le confort visuel. Cette analyse comporte deux facettes complémentaires l'analyse de l'éclairage naturel et l'appoint en éclairage artificiel. La norme NF EN 15 193 décrit en détails les différents paramètres à considérer durant une analyse de l'éclairage. Il s'agit :

- des paramètres globaux en lien avec la forme, la dimension, les parois et les ouvertures. Les paramètres du site aussi sont à considérer entre autres la localisation géographique…
- des paramètres des systèmes de luminaire : les types de source, nombres, positions, caractéristiques optiques et technique…
- des paramètres de la scène lumineuse : type de ciel, date et heure de la simulation

L'outil DiaLUX permet de faire cette analyse d'éclairage. A part cette analyse de confort, les résultats serviront de données d'entrée de l'outil d'analyse des flux matières pour les typologies de produit d'équipement et de second œuvre.

d. Résultats de la simulation

Deux points de vue peuvent être distingués au niveau de l'analyse :

- ✓ un axe que l'on pourrait qualifier de plus objectif intégrant un ensemble de valeurs quantifiables comme le niveau d'éclairement et le FLJ[28] qui peuvent être comparées à celles mesurées dans les normes.
- ✓ un axe que l'on pourrait qualifier de plus subjectif qui s'appuie sur l'impression visuelle obtenue à partir de l'étude de l'effet d'ombrage

e. Analyse objective

Le niveau d'éclairement moyen Em observé sur chaque espace fonctionnel de la Figure III-21 est supérieur à 500 lux, la valeur de référence pour un établissement de formation [49].

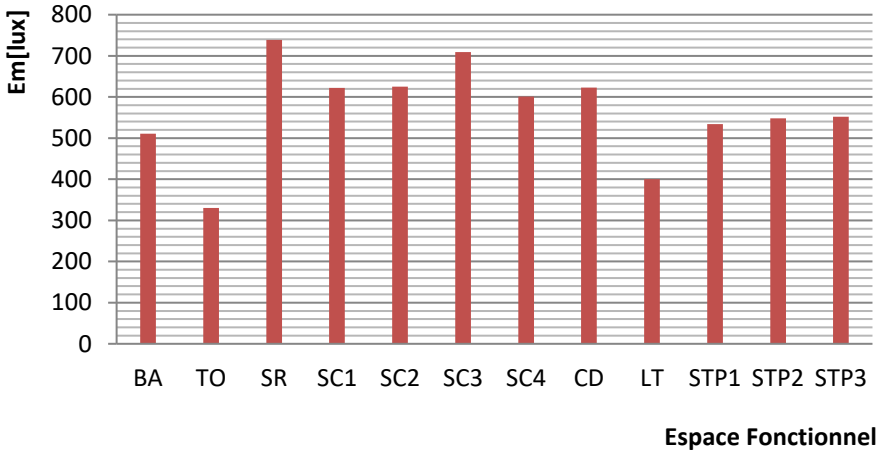


Figure III-21 : Niveau d'éclairement moyen Em au niveau des espaces fonctionnels

La Figure III-22 montre les valeurs de FLJ observées pour chaque espace fonctionnel. Si la valeur moyenne de FLJ conventionnel avec un éclairement intérieur de 500 lux et avec un ciel nuageux d'éclairement de 15 000 lux est de 3,3% [50], nous constatons que les résultats de la simulation pour les espaces fonctionnels ne sont

[28] Facteur de la Lumière du Jour : indicateur d'appréciation de la qualité de l'éclairage naturel d'un local

pas loin de cette valeur de référence. En effet, les valeurs entre 1,5% et 7% seront considérées acceptables.

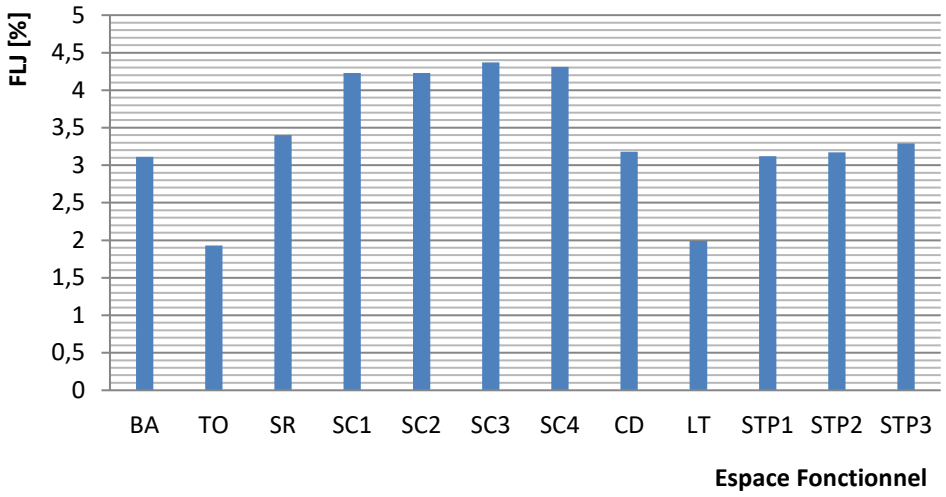


Figure III-22 : Facteur de la Lumière du Jour des espaces fonctionnels

f. Analyse subjective

L'analyse suivante est surtout orientée vers une observation plus visuelle que quantitative notamment sur l'effet d'ombrage. Les simulations ont été prises sous un ciel dégagé avec le jour le plus ensoleillée d'Antsiranana (27 août). Nous constatons pour l'EF SC4 que la lumière a été bien répartie tout au long de cette journée. Cette même constatation est observée pour les autres espaces fonctionnels.

Figure III-23 : Répartition de la lumière du jour dans l'EF SC4

Suite à ces analyses : thermique et de l'éclairage qui ont permis de vérifier le confort thermique et visuel de notre bâtiment Master. Les résultats ont montré que les valeurs obtenues sont conformes aux recommandations. Nous allons passer aux quantifications des produits PSO et PE correspondant à ces résultats.

III.2.4.6 Identification des Produits de Second Œuvre (PSO)

a. Auvent

L'auvent de terrasse est intéressant pour se protéger des rayons du soleil comme des intempéries. Cette avancée devant la façade laisse pénétrer la luminosité naturelle pour un confort de vie plus agréable. L'auvent en bois révèle une certaine noblesse et une certaine rusticité qui se conjuguent pour délivrer à cet élément de décoration une élégance rare. Le type de bois utilisé est le bambou, les bords sont fabriqués à partir du métal de zinc.

b. Gouttière

La gouttière est en PVC et permet de récupérer l'eau de pluie venant du toit.

c. Ouvertures

- ✓ Linteau

Afin de renforcer la partie haute de l'ouverture, on réalise un linteau en béton armé. Il permet de reprendre le poids des éléments de la construction se trouvant au-dessus de l'ouverture.

- ✓ Fenêtres

On distingue deux types de fenêtre sur le bâtiment : une jalousie en bois encastrée sur les murs extérieurs, une petite fenêtre basculante en bois pour les murs des cloisons assurant ainsi l'aération et l'éclairage naturel surtout au niveau du dégagement. Elles permettent à la fois d'éviter des apports de chaleur trop importants, de favoriser l'éclairage naturel tout en limitant les risques d'éblouissement. Ils sont bien répartis et ouvrables afin de permettre une meilleure ventilation naturelle. Les caractéristiques des fenêtres sont données sur le Tableau III-15.

Tableau III-15 : Caractéristiques des fenêtres

Type	*Jalousie en bois*	*Fenêtre basculante en bois*
Type de bois	*Pin traité*	*Pin traité*
Cadre	*En bois traité*	*En bois traité*
Dimension [m]	1.3 × 1.6	1. 3 × 0.49
Nombre	66	42
Vitrage	-	Simple vitrage transparente
Fabricant	Menuiserie en bois de Madagascar (Majunga)	

- ✓ Portes

Comme pour le choix des fenêtres, le bois est privilégié en raison de sa résistance mécanique, de son caractère isolant thermique, isophonique et surtout pour une raison écologique. Selon leurs dimensions, on distingue 3 types de portes : 4 portes à 2 vantaux menant vers la bibliothèque et le bureau administratif, et le couloir du fond, une grande porte à 3 vantaux à l'entrée du bâtiment et 19 portes battantes ouvrant sur tous les autres espaces fonctionnels. Les caractéristiques des portes sont données sur le Tableau III-16.

Tableau III-16 : Caractéristiques des portes

Type	*Porte battante (1V)*	*Porte à 2 vantaux*	*Porte à 3 vantaux*	*Porte battante (1V)*	
Type de bois	*Pin traité*	*Pin traité*	*Pin traité*	*Pin*	
Dimension [m]	*1.4 × 2.6*	*2,3 x 2,6*	*3 x 2,6*	*1 x 2,1*	*0,9 x*
Nombre	*12*	*3*	*1*	*1*	*6*
Fabricant	*Menuiserie en bois de Madagascar (Majunga)*				

d. Murs extérieurs et intérieurs

Le béton cellulaire pourrait être adapté pour ce bâtiment en raison de sa performance écologique, sa résistance mécanique élevée, son caractère d'isolant thermique et phonique, sa disponibilité sur le local et sa facilité de mis en œuvre et de pose. Le béton cellulaire est un matériau dit à isolation répartie qui ne nécessite l'ajout d'aucun autre matériau d'isolation complémentaire. Ce type de béton sera utilisé en même temps en tant que mur porteur et cloison mais avec une dimension différente. Les caractéristiques sont données dans le Tableau III-17.

Tableau III-17 : Caractéristiques des murs

	Mur porteur	Cloison intérieur
Type	Béton cellulaire	
Couleur	Blanc	
Durée de vie	100ans (Base INIES)	
Dimension	60 × 20 × 25	60 x7×25
Nombre de blocs/m²	6,67	6,67
Consommation colle (kg/m²)	3,4	1,2
Mise en œuvre	Joint en mortier fine	
Source	Béton Ouest (Majunga)	

e. Enduits extérieurs et intérieurs (enduits à la chaux sur béton cellulaire)

Pour l'esthétique et pour le renfort de la protection des murs des intempéries, les murs seront enduits par un mortier hydrofuge. En effet, pour le béton cellulaire, il est conseillé d'utiliser un enduit extérieur hydrofuge perméable à la vapeur et qui se lie hydrauliquement. Il est appliqué en deux couches, de façon à obtenir une épaisseur totale de 10 mm au minimum. Grâce à sa constitution granulométrique, il peut être utilisé pour donner un aspect aussi bien relativement lisse que plus structuré.

f. Faux plafonds

Pour les faux plafonds, nous avons choisi comme matériaux, toujours le bambou de Tamatave. Le lambris pour plafond s'agit d'une solution naturelle et authentique. Il peut aussi tout à fait s'accorder avec une décoration contemporaine, pouvant être peinte ou lasurer.

g. Plancher

Avant ou après la réalisation des murs, on réalise pour le plancher du rez-de-chaussée un dallage en béton armé. Il s'appuie sur le sol et sera recouvert par un revêtement de sol toujours en bambou. Pour les salles de travaux pratiques, nous envisageons de construire des paillasses en carrelage.

III.2.4.7 Quantification des Produits de Second Œuvre (PSO)

Au niveau de PSO, les données sont traitées par espaces fonctionnels. Le volume des données dépend alors du nombre d'espaces fonctionnels du bâtiment. Comme pour le PGO, nous présentons quelques exemples de données. Les autres donnés relatives à la typologie des produits PSO sont données en annexe 1.

a. Menuiserie

Les analyses effectuées ont abouti au choix de menuiserie en bois pour tous les espaces fonctionnels. Nous présentons dans le Tableau III-18 la quantification des produits au niveau de l'espace fonctionnel salle de cours 1.

Tableau III-18 : : Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF SC1)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur battante en bois	1	m²	3,64	Madagascar
	Jalousie en bois	7	m²	14,56	Madagascar
	Fenêtre basculante avec un vitrage simple transparent	6	m²	3,82	Madagascar

b. Cloison

Les Tableau III-19 et Tableau III-20 donnent respectivement les dimensions et la quantification des produits au niveau de la typologie de produit TP2 : cloison

Tableau III-19 : Dimensionnement des cloisons (EF SC1)

Longueur mur [m]	8
Hauteur [m]	3
Surface totale mur [m]	24
Nombre de béton/m2	6,67
Surface face de pose du béton [m^2]	0,042
Consommation colle [kg/ m^2]	1,2

Tableau III-20 : Identification des PSO du TP1 Cloison (EF SC1)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Cloison	Béton cellulaire	m^2	24,00	Béton Ouest (Majunga)
	Mortier colle	kg	4,03	Diego (Madagascar)
	Gâchage	L	0,88	Diego (Madagascar)

III.2.4.8 Quantification des Produits d'Equipement (PE)

De même que pour le PSO, les produits de PE s'apprécient au niveau des espaces fonctionnels. Nous présentons toujours quelques exemples de données obtenues à partir des analyses. L'ensemble des données se trouve en annexe 1.

Le Tableau III-21 donne la quantification des produits au niveau de la typologie de produit TP2 : Equipement de second œuvre pour tous les espaces fonctionnels.

Tableau III-21 : Identification des PE du TP2 Équipement de second œuvre

	Produit	UF	Quantité	Pays d'origine
SC1	Prise électrique	U	5	France
	Interrupteur	U	1	France
SC2-SC3-SC4	Prise électrique	U	4	France
	Interrupteur	U	1	France
TP1-TP2	Prise électrique	U	10	France
	Interrupteur	U	1	France
TP3	Prise électrique	U	10	France
	Interrupteur	U	1	France
Salle d'info	Prise électrique	U	10	France
	Interrupteur	U	1	France
Local technique	Prise électrique	U	2	France
	Interrupteur	U	1	France
Bibliothèque	Prise électrique	U	4	France
	Interrupteur	U	1	France
Bureau	Prise électrique	U	4	France
	Interrupteur	U	1	France
Toilette	Prise électrique	U	0	France
	Interrupteur	U	1	France
	Evier	U	2	France
	Pack WC	U	6	France
Salle de réunion	Prise électrique	U	2	France
	Interrupteur	U	1	France
Couloir	Prise électrique	U	0	France
	Interrupteur	U	2	France

En tout cas, les matériaux et produits sont prioritairement choisis localement dans la mesure du possible si ces produits existent à Madagascar et plus particulièrement au Nord.

III.2.5. Analyse environnementale

III.2.5.1 Acquisition des données

L'analyse environnementale est le cœur de notre outil d'analyse des flux matière. Il s'agit de déterminer l'ensemble des facteurs d'émission à partir des bases de

données de référence. Les données liées aux facteurs d'émissions ont été collectées à partir de la base INIES [51], la base d'ADEME [52]., Carbon Eco, la Base Impact, DEP SteelCase ou à partir des ratios établis par Lebert et al. [53].

Figure III-24 : Base de données environnementales

III.2.5.2 Facteurs d'émissions

Pour une raison de mise en forme, l'ensemble des facteurs d'émissions récoltés dans le cadre de cette thèse est présenté en annexe 2. Il s'agit des facteurs liés à la fabrication, au transport et au conditionnement des produits.

Dans cette étude, plusieurs sont les produits fabriqués par des usines à Madagascar. Mais nous avons omis la considération des importations de matières premières non fabricables à Madagascar comme les résines, les granulés, les adjuvants, et les additifs participant aux divers procédés chimiques comme pour le cas de la fabrication des tuyauteries, des peintures, des ciments, etc.

Tous les matériaux locaux propres à Diego (graviers, sable, etc.) ont été transportés depuis un rayon de 20km depuis l'extraction vers le chantier.

III.2.5.3 Facteurs d'émissions des Produits Gros Œuvre

a. Infrastructure

Le Tableau III-23 donne un extrait des facteurs d'émission exprimés en kg éq.CO_2 relatifs aux produits de TP1 : infrastructure.

Tableau III-22 : Facteurs d'émissions TP1 : Infrastructure

TP2	Produits	UF	FE fabrication	FE transport	FE Condition.
Béton de propreté	Ciment CEM I 42,5	kg	0,77	0,24	0,47
	Graviers 5/15	kg	0,00	0,24	
	Sable de rivière	m3	1,40	0,24	
	Eau	L	0,00	0,24	
Semelle de filante	Ciment CEM I 42,5	kg	0,77	0,24	0,47
	Graviers 5/20	kg	0,00	0,24	
	Sable gros 0/5	m3	1,40	0,24	
	Eau	L	0,00	0,24	
	Armature en acier	kg	2,56	0,24	
	Fil à lier	kg	2,56	0,24	
Soubassement	Ciment CEM I 42,5	Kg	0,77	0,24	0,47
	Moellon	U	0,08	0,24	
	Sable de rivière	m3	1,40	0,24	
	Eau	L	0,00	0,24	
				0,24	

b. Superstructure

Le Tableau III-23 donne un extrait des facteurs d'émission exprimés en kg éq.CO_2 relatifs aux produits de TP1 : superstructure.

Tableau III-23 : Facteurs d'émissions TP1 : Superstructure

TP2	Produits	UF	FE fabrication	FE transport	FE Condition.
Voiles	Béton cellulaire	m2	56,60	0,24	
	Mortier-colle	kg	0,77	0,24	
	Gâchage	L	0,00	0,24	
				0,24	
Poteau	Ciment CEM II 42,5	kg	0,77	0,24	0,47
	Sable gros 0/5	m3	1,40	0,24	
	Graviers 15/25	kg	0,00	0,24	
	Eau	L	0,00	0,24	
	Armature en acier	kg	2,56	0,24	
	Acier (balcon)	kg	2,56	0,24	
Linteau	Ciment CEM II 42,5	kg	0,77	0,24	0,47
	Sable gros 0/5	m3	1,40	0,24	
	Graviers 15/25	kg	0,00	0,24	
	Eau	L	0,00	0,24	
	Treillis	kg	2,56	0,24	

III.2.5.4 Nouvelle base de données

Dans le cadre de cette thèse nous avons travaillé avec [54] pour la création d'une base de données environnementales pour le contexte de construction de Madagascar.

L'idée étant d'avoir sur une seule base les facteurs d'émissions, d'avoir un outil facile à utiliser pour toutes les typologies de produits PGO, PSO et PE. La description complète de cette nouvelle base de données se trouve en annexe 3.

III.2.6. Analyse économique

L'analyse économique complète l'analyse des matériaux et produits de la construction. Elle consiste à réaliser le bilan du coût total du bâtiment en partant des produits et des typologies de produits. L'analyse économique permettra d'obtenir de nouveaux ratios des facteurs d'impact par rapport au coût de la construction.

L'acquisition des données de prix unitaire se fait en consultant les catalogues disponibles sur internet, en consultant directement les prix au niveau des fournisseurs ou bien en utilisant des ratios.

III.3. CONCEPTION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE

Après les diverses analyses traitées précédemment nous allons passer à la conception de l'outil d'analyse de l'ensemble de ces données.

III.3.1. Application de l'approche ACV à un Système Espace Bâti

Nous allons voir l'application de l'approche ACV à la conception d'un outil d'analyse de flux matière à un système espace bâti.

L'outil d'analyse doit répondre à plusieurs objectifs. Il doit permettre d'une manière générale l'analyse quel que soit le bâtiment et l'échelle d'observation étudiée. En effet, la plupart des outils développés auparavant permettent l'analyse environnementale d'un bâtiment. Si l'analyse à faire porte sur plusieurs bâtiments, voire sur plusieurs ensembles de bâtiments, l'outil doit permettre alors de réaliser une analyse environnementale à une échelle plus grande. L'analyse porte sur une vision globale de l'ensemble des bâtiments et non pas en considérant chaque bâtiment séparément.

L'outil doit aussi permettre de compiler les émissions de CO_2 des produits utilisés dans le système espace bâti ainsi que la contribution des typologies de produits du bâtiment afin d'agir sur le choix de conception.

Au final, l'utilisation de l'outil doit être accessible aux entreprises et particuliers. Ils pourront à partir du plan de modélisation faire une évaluation la qualité environnementale de la construction. L'objectif alors d'avoir outil simple d'utilisation

mais offrant plusieurs fonctionnalités. La prise en main doit être intuitive tout en permettant l'exploitation de toutes les capacités de l'outil.

III.3.1.1 Inventaire du cycle de vie

Nous basons la conception de l'outil sur le modèle de LCI de [27] représenté par la Figure III-25 pour l'Analyse de Cycle de Vie des produits de la construction. Cette description de l'inventaire du cycle de vie permet de montrer les différentes étapes considérées dans l'étude et la conception de l'outil, et représente la limite du système.

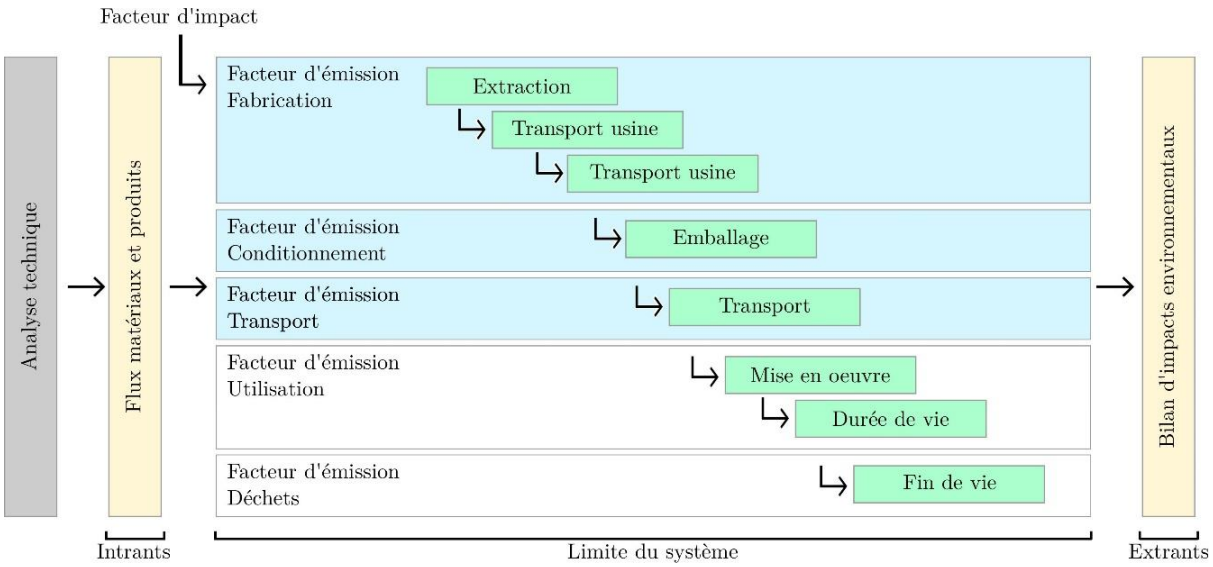


Figure III-25 : Description de l'inventaire du cycle de vie

(source : HOARAU C. - 2017)

III.3.1.2 Indicateurs d'impact environnemental

Nous limiterons notre étude à un seul indicateur environnemental qui est les émissions de CO_2. En effet, Jukka [55] a conclu dans ses travaux de recherche que le réchauffement climatique peut être utilisé comme seul indicateur de performance de différents impacts environnementaux relatifs aux gaz à effet de serre. L'évolution des courbes d'accumulation des impacts environnementaux est identique à celle du changement climatique. Par la méthode de corrélation de Pearson [56] et la démarche de Lebert et al. [57], il a montré que cet indicateur est représentatif des autres impacts environnementaux puisqu'ils auront les mêmes tendances d'évolution selon les matériaux utilisés. Par ailleurs, les méthodes de quantification et de simulation qui ont

été mises en place pour la conception de l'outil d'analyse, sont les mêmes quel que soit l'impact environnemental étudié.

III.3.1.3 Limite du système : "cradle to cradle"

Maxime Trocmé [58] définit dans son étude deux frontières physique et flux. Dans la même logique, [27] a considéré le modèle de la Figure III-26 pour la limite du système. Nous adoptons ce modèle pour le développement de l'outil. La frontière se limite à un système espace bâti. A terme, nous envisageons d'élargir notre étude à d'autres échelles d'observation en basant sur des ratios d'émissions par secteur d'activité et selon le type de construction.

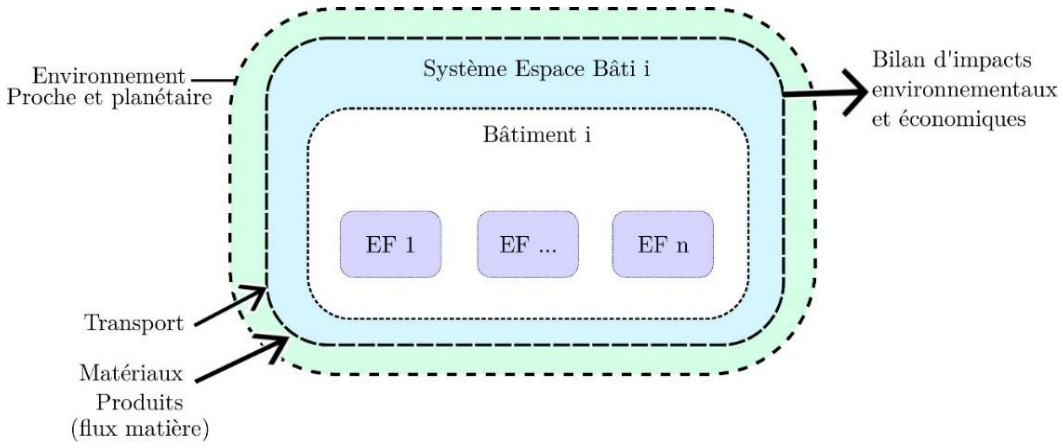


Figure III-26 : Description des frontières du système étudié selon un aspect spatial

(source : HOARAU C. - 2017)

Evelyn Ai-Lin Teo [59] liste les différents types de limites d'un système :

- ✓ Cradle to grave
- ✓ Cradle to site
- ✓ Cradle to operation
- ✓ Construction phase
- ✓ Cradle to cradle

Les facteurs d'émission de la base de données INIES intègrent toutes les phases de vie du produit soit les facteurs d'émission totale du cycle de vie. Nous allons alors prendre comme hypothèse de frontière "cradle to cradle" pour l'évaluation environnementale de notre étude.

III.3.2. Présentation des outils existants

Au niveau du laboratoire PIMENT, des travaux de recherche de [60], et de [27] ont déjà traité la conception et la réalisation d'outils d'analyse de flux matière. Ces outils ont été développés en respectant plusieurs concepts méthodologiques. En effet, l'analyse de conception de ces outils intègre à la fois l'approche systémique et l'approche typologique. Le développement de ces outils est également basé sur une méthode d'évaluation environnementale normalisée qui est l'Analyse de Cycle de Vie. Par ailleurs, en analysant les outils d'ACV existants, les outils de [27] considèrent les limites liées à l'applications de ces outils sur un système espace bâti.

Les outils existants sont développés sous environnement Excel. Le but fixé pour ces outils était de pouvoir décrire de façon clair et détaillé le flux de matière au niveau d'un système espace bâti. En effet, avec l'outil Excel, la description est facile et peut être manipulée par toute personne voulant effectuer une analyse de flux matière. Par contre, le passage des pages génériques vers les pages spécifiques nécessite énormément de temps. Il en de même pour l'acquisition des données et les traitements des résultats. [27] a mentionné dans sa thèse que pour une habitation de 7 espaces fonctionnels, il faudrait développer 986 pages Excel pour l'analyse des impacts environnementaux de flux matière de cette habitation. Si nous utilisons l'outil Excel existant, il faudrait alors 1972 pages pour l'analyse de notre objet d'étude.

III.3.3. Objectif

Nous avons constaté que l'utilisation cet outil Excel n'est pas bien appropriée pour faire l'analyse de flux matière.

L'objectif pour la conception de ce nouvel outil est donc de développer un programme sous un environnement plus adapté que Excel. Les aspects méthodologiques de la conception restent les mêmes. Par contre nous apportons l'approche orientée objet pour bien structurer le programme et permettre une analyse plus facile.

Le but ultime de l'outil d'analyse de flux matière est de pouvoir construire une base de données autour des bilans d'impact de la construction des espaces bâtis pour le contexte de construction à Madagascar. Les résultats obtenus seront comparés aux autres résultats des références bibliographiques.

III.4. ASPECTS METHODOLOGIQUES DE LA CONCEPTION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE

La conception de l'outil considère les aspects méthodologies définis dans le chapitre II notamment l'approche systémique, l'approche typologique et le cadre normatif de l'analyse de cycle de vie. En outre les méthodes de calcul d'impacts liées aux différentes étapes de cycle de vie d'un produit sont adoptées.

III.4.1.1 Calcul des bilans d'impact

Le calcul des impacts environnementaux se fait à partir des facteurs d'émission à chaque phase de vie et selon une unité fonctionnelle fixée par la fiche du produit [61].

Pour cette étude, l'indicateur de réchauffement climatique a été retenu. Il s'agit notamment les émissions du dioxyde de carbone. L'acquisition des données et les calculs liés à la fabrication, au transport et au conditionnement sont réalisés par typologies de produits TP0, TP1 et TP2. Il en est de même pour le bâtiment et ses espaces fonctionnels.

a. Emissions de CO_2 liées à la fabrication des produits

L'évaluation des émissions liées à la fabrication consiste à déterminer l'impact environnemental de l'extraction des matières premières, le transport de ces matériaux et l'énergie grise pour sa fabrication. La formule utilisée et programmée dans l'outil est donnée par l'équation (III-3)

$$Ef = FE_f \times q_p \qquad \textit{(III-3)}$$

Où,

Ef est l'émission de CO_2 de fabrication du produit exprimée en kg ep.CO_2

FE_f est le facteur d'émission de CO_2 de fabrication du produit exprimé en kg ep.CO_2

q_p est la quantité de produits exprimée selon l'unité fonctionnelle utilisée.

Il se pourrait que le facteur d'émission du produit n'existe pas encore. Dans ce cas, le calcul peut se faire à partir des matériaux qui composent le produit. Le calcul se fera alors par l'équation (III-4).

$$Ef = \sum FE_{fm} \times q_m \qquad \textit{(III-4)}$$

Où,

Ef est l'émission de CO_2 de fabrication du produit exprimée en kg eq.CO_2

FE_m est le facteur d'émission de fabrication d'un matériau exprimé en kg eq.CO_2

q_m est la quantité d'un matériau exprimée selon l'unité fonctionnelle utilisée.

b. Emissions de CO_2 liées au transport des produits

L'évaluation des émissions liées au transport tient compte de l'impact environnemental de chacun de mode de transport utilisé entre le lieu fabrication et le lieu d'utilisation du produit. Il peut y avoir plusieurs nature et mode de transport. Il y a d'abord le transport inter-pays qui peut se faire par voie maritime, fluviale ou aérienne. Pour le transport intra-pays, il pourra s'agir du transport ferroviaire ou routier. Le calcul dans l'outil se fera alors par l'équation (III-5)

$$Et = \sum_{I=1}^{5} FE_{ti} \times m_i \times d_i \qquad \textit{(III-5)}$$

Où,

Et est l'émission de CO_2 de transport du produit exprimée en kg eq.CO_2

FE_{ti} est le facteur d'émission d'un mode de transport exprimé en kg eq.CO_2/t.km

$\mathrm{m_i}$ est la masse du produit transporté exprimée en t

d_i est la distance parcourue par le moyen de transport exprimée en km.

c. Emissions de CO_2 liées au conditionnement des produits

L'évaluation des émissions liées au conditionnement des produits se fera de la même manière que pour le calcul des émissions des CO_2 d'un produit fabriqué avec plusieurs matériaux. Le calcul dans l'outil se fera alors par l'équation (III-6) en tenant compte des différents facteurs d'émission des emballages utilisés.

$$Ec = \sum_{i=1}^{n} FE_{ci} \times Q_{ti} \qquad \textit{(III-6)}$$

Où,

Ec est l'émission de CO_2 de conditionnement du produit exprimée en kg eq.CO_2

FE_{ci} est le facteur d'émission par kg d'emballage kg eq.CO_2/kg

Q_{ti} est la quantité d'emballage totale utilisée en kg

n est le nombre d'emballage utilisé

d. Emissions de CO_2 liées totales des produits

L'évaluation des émissions totale de CO_2 pour un produit se fait avec l'équation

$$Etot = Ef + Et + Ec \qquad \textit{(III-7)}$$

Où,

Etot est l'émission totale du produit exprimée en kg eq.CO_2

Ef est l'émission de CO_2 de fabrication du produit exprimée en kg eq.CO_2

Et est l'émission de CO_2 de transport du produit exprimée en kg eq.CO_2

Ec est l'émission de CO_2 de conditionnement du produit exprimée en kg eq.CO_2

Dans cette première version, les autres indicateurs d'impacts ne seront pas considérés. Par contre, leur intégration dans le programme sera aisée pour avoir l'ensemble des impacts environnementaux.

III.5. MODELISATION PAR APPROCHE ORIENTEE OBJET

Dans cette section, nous présentons la modélisation par approche orientée objet de l'outil d'analyse de flux matière. Cette approche a pour avantage de posséder une meilleure organisation du programme en le groupant en objets qui sont des éléments individuels comportant des informations (valeurs de données) et des fonctionnalités. Le langage UML est utilisé pour cette modélisation.

III.5.1. Diagramme de Classes

Le langage UML propose plusieurs sortes de diagrammes regroupés en deux catégories qui sont les diagrammes statiques et les diagrammes dynamiques. Dans le

cadre de ce travail nous nous intéressons au diagramme de classe qui représente la structure interne des classes en termes d'attributs et d'opérations. Il existe différents types de relations entre ces classes qui peuvent être l'association, l'héritage et l'agrégation. Ce diagramme nous permet de comprendre les éléments essentiels qui vont être pris en compte lors de la réalisation de l'outil.

III.5.2. Notions utilisées par le diagramme de classes

III.5.2.1 Classe

Une classe est une description d'un ensemble d'objets du domaine étudié. Une classe est représentée par un tableau de trois lignes comme illustrée sur la Figure III-27. La première ligne contient le nom de la classe. La deuxième ligne est réservée pour la déclaration des propriétés. La dernière ligne contient la liste des opérations que l'on peut réaliser sur la classe.

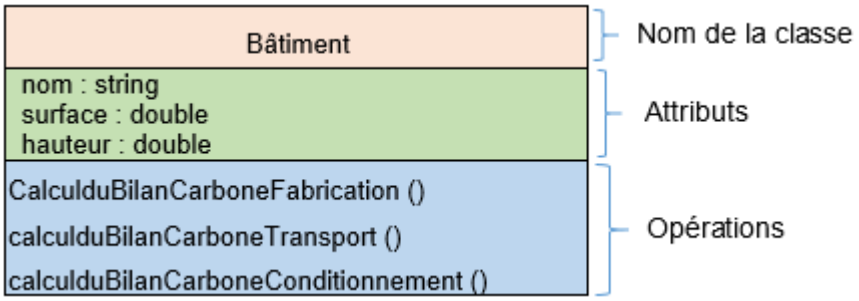


Figure III-27 : Représentation d'une classe

III.5.2.2 Attributs

Un attribut est une propriété nommée d'une classe (ou d'une interface) et qui décrit ses caractéristiques.

III.5.2.3 Opérations

Ce sont les méthodes qui permettent d'accéder aux attributs d'un objet caractérisant son comportement, c'est-à-dire l'ensemble des actions que l'objet est à même de réaliser.

III.5.3. Diagramme de classe de l'outil d'analyse de flux matière

Dans sa première version, l'outil d'analyse est conçu avec 8 classes. Ces classes correspondent en premier lieu, aux descriptions spatiale et fonctionnelle d'un espace bâti : l'EB, le Bâtiment et ses EF. Ensuite, les typologies de produits TP0, TP1, TP2 et

Produits donnent lieu également à la création de classes. La Figure III-28 montre le diagramme de classe de l'outil d'analyse de flux matière. Sur cette modélisation, l'indentification et la caractérisation des systèmes commencent au niveau du Système Espace Bâti. On commence donc par donner un nom au SEB. Puis, il faut identifier et caractériser les Bâtiments associés au SEB. Pour chaque Bâtiment identifié, il faut ensuite procéder à l'identification de ses espaces fonctionnels et à ce même niveau il faut déjà identifier les typologies de produit PGO qui sont directement liés au Bâtiment.

A ce stade la description spatiale et fonctionnelle est faite pour le SEB. Il faut continuer l'identification et caractérisation par les typologies de produits PSO et PE en premier lieu et ensuite les typologies de produits TP1 associés à chaque TP0, les TP2 associés à chaque TP1 et finalement les Produits associés à chaque TP2. C'est au niveau des Produits qu'il faut renseigner les informations détaillées pour l'élaboration de l'analyse. Il s'agit des informations concernant la quantité, l'unité fonctionnelle, les données de facteur d'impact concernant la fabrication, le transport et le conditionnement du produit ou des matériaux qui sont utilisés pour la fabrication du produit.

Une fois les données au niveau des produits renseignés, la phase de calcul est exécutée en même temps pour toutes les classes. La phase de présentation des résultats ne pose pas de problème particulier. En effet, la visualisation des résultats peut se faire sur n'importe quelle classe. On peut voir par exemple directement les résultats au niveau du bâtiment sans passer par les résultats des typologies de produits.

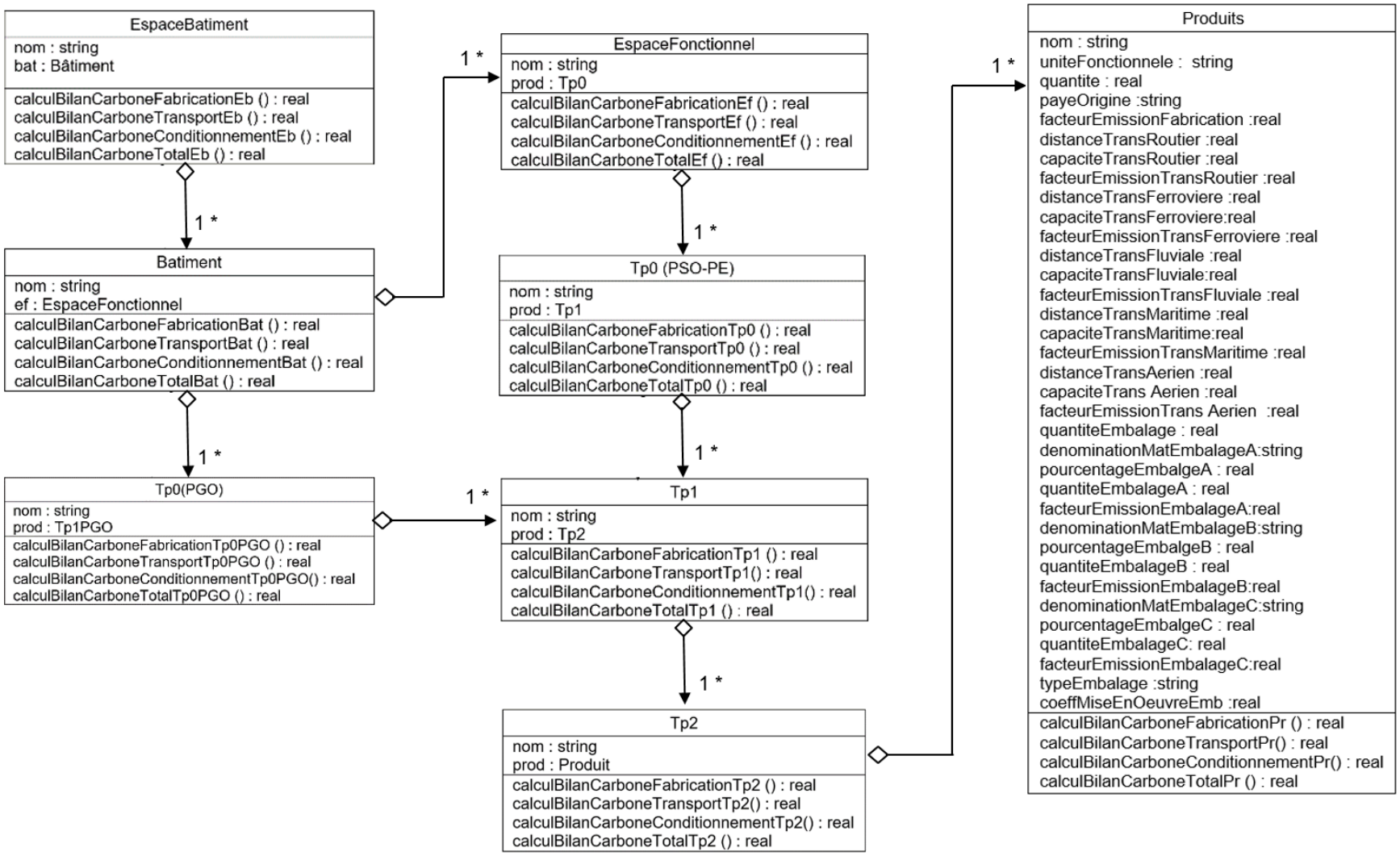


Figure III-28 : Diagramme de classe de l'outil d'analyse

III.6. REALISATION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE

A partir de la conception étudiée dans la section précédente, nous avons encadré Rachid B. [62] durant son stage de Master et suivi le développement de l'outil sous Matlab.

III.6.1. Langage de programmation

Comme la conception de l'outil d'analyse, la programmation doit se faire aussi avec un langage de programmation orientée objet (POO). Le langage MATLAB a été choisi parce qu'il permet à la fois la programmation orientée objet et le calcul matriciel. Ces critères ont permis de développer l'outil en moins de temps. Il permet aussi de traiter les données sans aucune limitation de taille et de réaliser les calculs de façon fiable et rapide.

L'application de la POO complète l'approche systémique et typologique et permet la réutilisabilité de l'outil quel que soit le type de l'Espace Bâti à simuler. L'avantage de la POO réside dans la maintenabilité de l'outil. En effet, les modifications ont tendance à être locales, ainsi les impacts sont restreints. L'utilisation des objets est bien adaptée au développement d'outils complexes nécessitant des interfaces graphiques.

III.6.1.1 Programmation Orientée Objet MATLAB

La POO (MATLAB) nous permet de décomposer le système espace bâti en objets ayant certains attributs et méthodes, qui sont des fonctions spécifiques à l'objet. Comme la plupart des langages de POO, les programmes sont structurés en classes, composées de données et de traitements. Les traitements définissent le comportement de l'objet. Par cette approche, la compréhension du code est facilitée. En effet, les données et traitements conceptuellement liés ne sont plus éparpillés dans tout le programme.

La classe définit donc principalement deux choses : les données qu'elle peut contenir (attributs) et les fonctions que l'on peut appliquer sur ces données (méthodes).

III.6.1.2 Etapes du développement

En partant du diagramme de classe, on commence par créer la classe Produit. Il s'agit de définir la classe, de déclarer les propriétés et d'écrire les méthodes associées à la classe. La Figure III-29 montre un extrait de la classe Produit.

```
90      function obj = loadobj(S)
91          if isstruct(s)
92             obj = Produits;
93             obj = reload(obj,S);
94          end
95      end
96
97      % calcul Bilan Carbone Fabrication
98      function bcF=calculBcF(obj)
99          bcF=obj.fctEmFab*obj.quantite;
100     end
101     % calcul Bilan Carbone Transport
102
103     function bcT=calculBcT(obj)
104     bcT=(obj.dTransRt*obj.fctEmTransRt*(obj.quantite/1000))+(obj.dTransFr*obj
105     end
106
107     % calcul Bilan Carbone Conditionnement
108
109     function bcC=calculBcC(obj)
110         bcC=obj.coefMiseOeEmb*((obj.qntEmbA*obj.fctEmEmbA)+(obj.qntEmbB*obj.
111     end
112     % calcul Bilan Carbone total
113     function bcTOT=calculBcTOT(obj)
114         bcTOT= obj.calculBcF+obj.calculBcT+obj.calculBcC;
115 end
116 end
117 end
```

Figure III-29 : Extrait de la classe Produit

Une fois la classe créée, il faut procéder à un test pour vérifier si la classe répond aux attentes. La création de classe commence par la classe Produit et se termine par la classe Système Espace Bâti. La Figure III-30 illustre le résultat d'un test de fonctionnement de l'outil.

```
>>
Bilan Carbone Fabrication Produits PSO1:

bcFPortePVC1 = 19.2576

Bilan Carbone Fabrication Produits PE1:

bcFTableBureau1 = 0.5310

Bilan Carbone Fabrication Produits PSO2:

bcFPoPVC1 = 1.6256
```

Figure III-30 : Test de fonctionnement de l'outil

Après la vérification des codes de calculs pour toutes les classes, on passe à la réalisation des interfaces qui vont permettre la saisie des données et l'affichage des résultats. MATLAB possède l'outil GUIDE qui permet de créer facilement des interfaces graphiques qui peuvent être reliées aux classes préalablement définies.

III.6.2. Présentation de l'interface de l'outil

L'interface principale de l'outil se présente comme illustrée sur la Figure III-31.

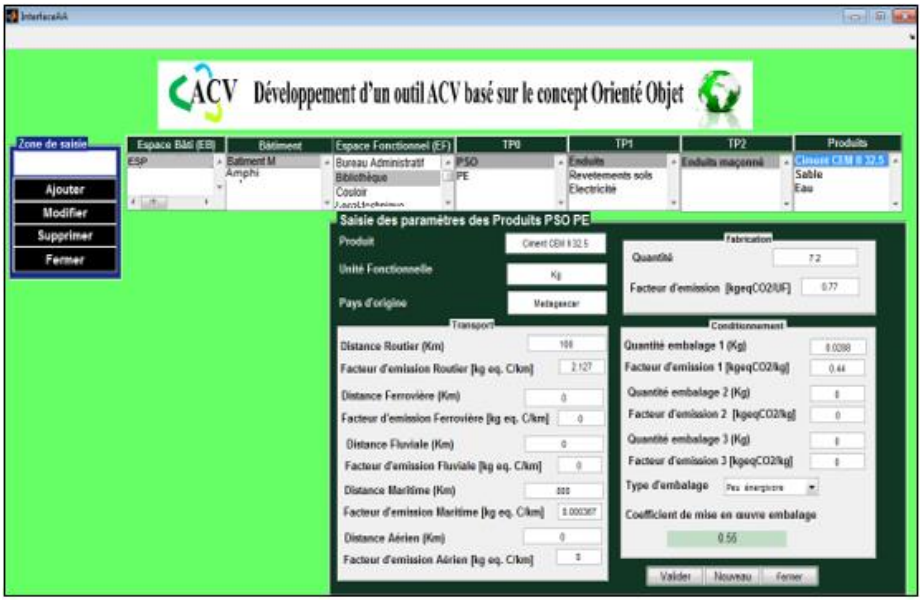


Figure III-31 : Interface principale de l'outil développé

L'interface est simple, l'identification des systèmes, la caractérisation des produits ainsi que la simulation se font sur une même fenêtre. Par contre la présentation des résultats se fait sur des fenêtres différentes en fonction des besoins (classe, système). A part les résultats numériques, l'outil permet plusieurs sorties graphiques illustrant le bilan des émissions fabrication, transport, et conditionnement à plusieurs échelles d'observation d'un espace bâti quelconque.

III.6.3. Manipulation de l'outil

Sur la Figure III-32, nous retrouvons des captures d'écrans de l'outil réalisé pour accéder à l'identification des systèmes et l'acquisition des données. Pour l'acquisition des données il faut cliquer tout d'abord sur la zone bleue de la classe espace bâti (1) puis introduire le nom de l'espace à étudier (2). En cliquant sur Ajouter sur la zone de saisie (3), l'objet est ajouté à la classe Espace bâti

Après la saisie, il faut cliquer une autre fois sur le nom du système espace bâti (4) pour passer au nom du bâtiment (5), (6) après il faut cliquer sur ajouter (7) pour associer l'objet saisi à la classe bâtiment.

Quand on sélectionne le bâtiment étudié, deux zones apparaissent celle de la typologie de produits PGO (puisque le PGO s'apprécie à l'échelle du bâtiment) et celle de l'espace fonctionnel.

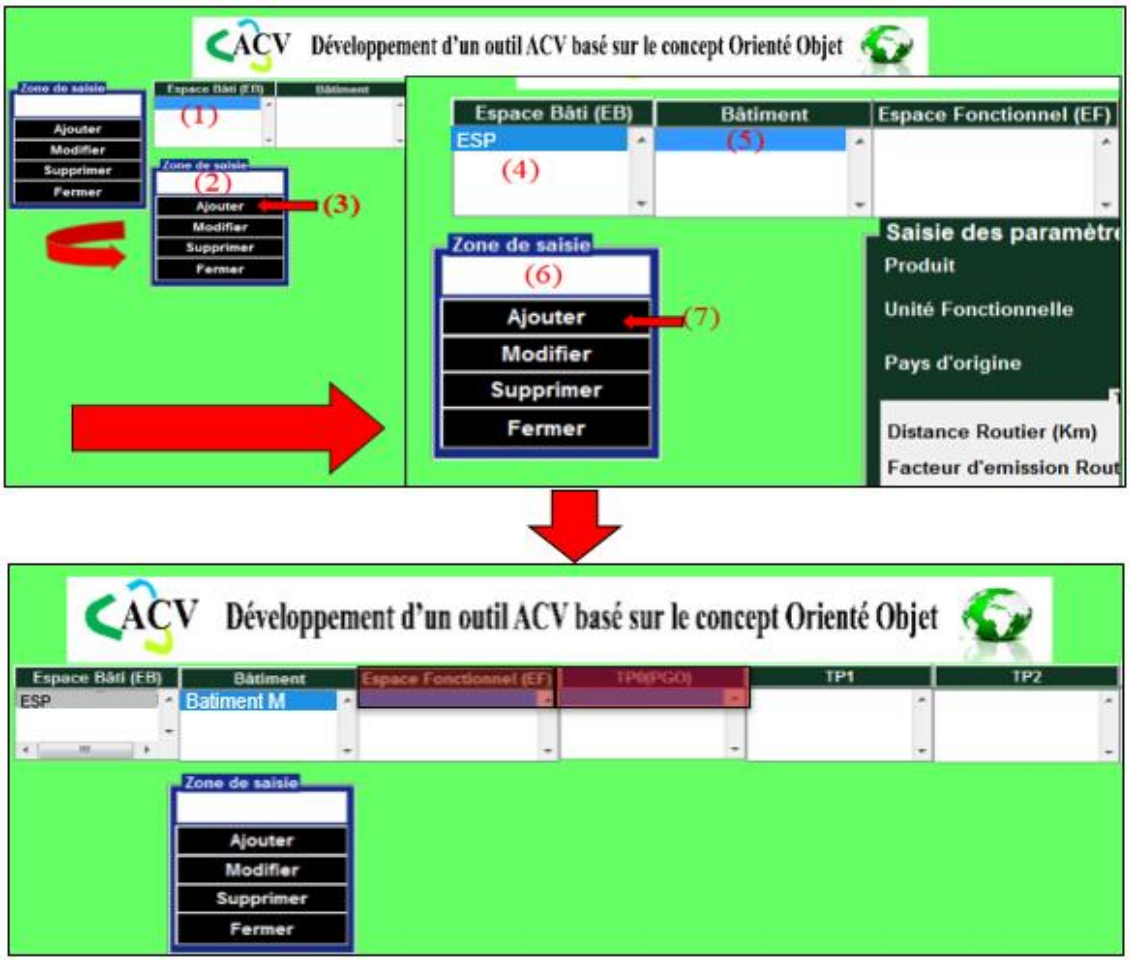


Figure III-32 Schéma explique le fonctionnement de l'outil.

Toutes les informations sont renseignées de la même façon jusqu'aux niveaux de produits. Au niveau de la classe produit, quand on clique sur la zone bleue, un tableau apparaît pour saisir tous les paramètres du produit Figure III-33.

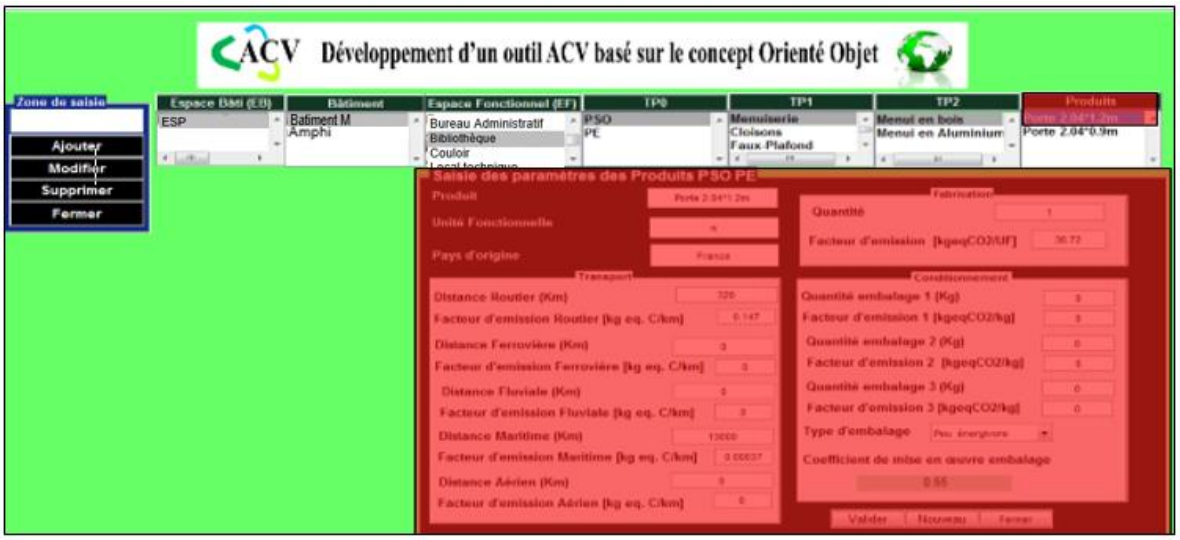


Figure III-33 : Fenêtre de caractérisation au niveau de la classe produit

Après avoir saisi toutes les informations, la validation avec le bouton valider permet d'associer un nouveau produit à une typologie de produit TP2.

Une fois les données des produits renseignées, on passe à l'interface des résultats qui nous permet de voir le bilan des émissions de CO_2 de chaque produit et à chaque niveau typologique jusqu'à la classe bâtiment.

Par exemple pour voir le résultat au niveau des produits, il suffit de cliquer sur le bouton (Produits) (1) et de sélectionner le produit à étudier (2). Et c'est pareil pour tous les niveaux.

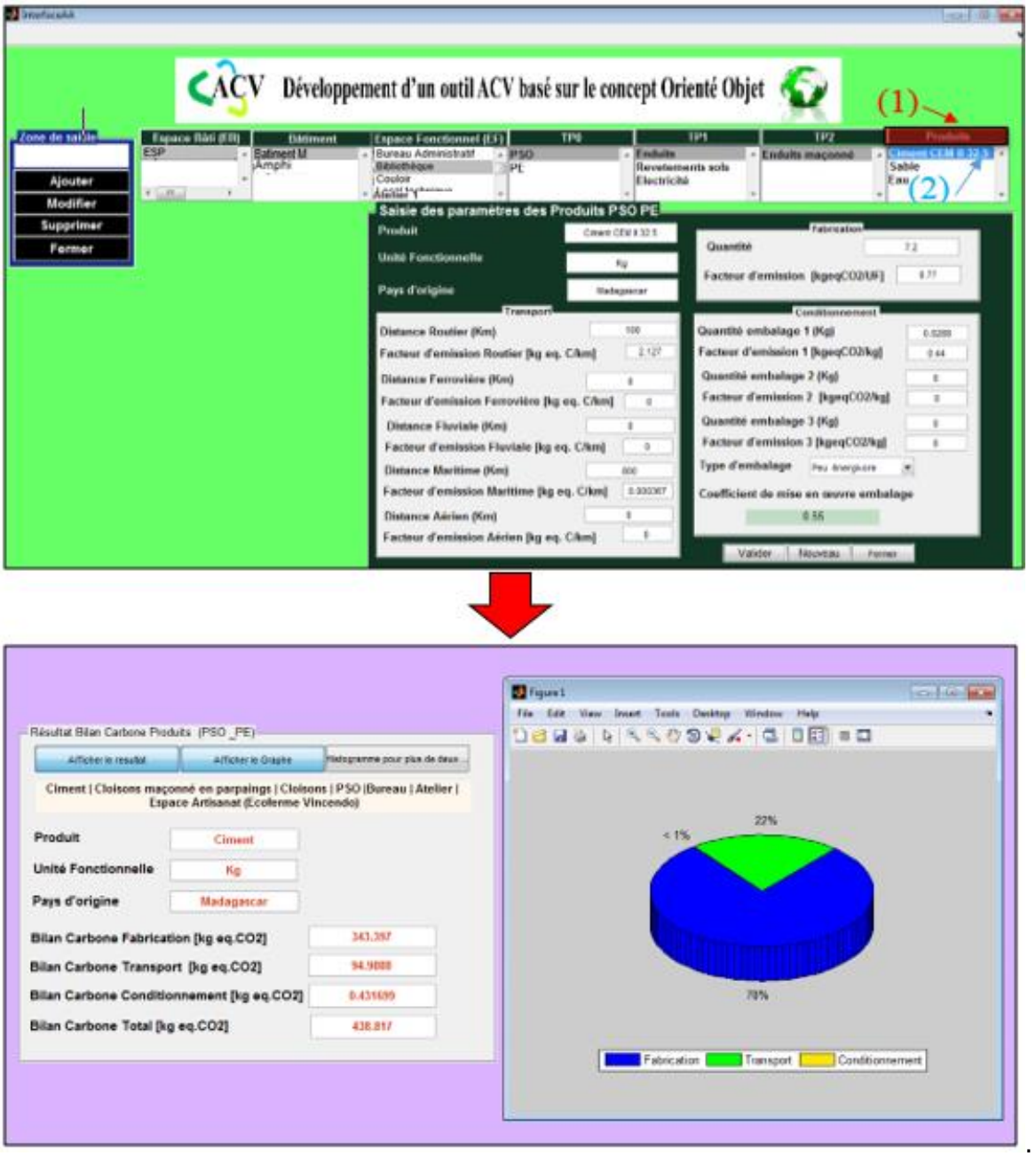


Figure III-34 : Interface d'affichage des résultats

III.6.4. Présentation des résultats

Nous avons encadré RAZAKARIVONY V. [63] pour cette partie de travail. Les résultats obtenus de cette application sont regroupés en plusieurs parties distinctes. Il s'agit en premier lieu des résultats de Produit de Gros Œuvre qui seront encore subdivisés en résultats par typologie de produit TP1, par typologie de produit TP2 et par produit. Ensuite, les résultats de Produit Second Œuvre seront donnés par espace

fonctionnel et par typologie de produit TP1. Puis les résultats de Produit d'Equipement seront aussi présentés par espace fonctionnel et par typologie de produit TP1. Nous exposerons ensuite les résultats globaux par espace fonctionnel et du bâtiment.

III.6.4.1 Résultats de Produit du Gros Œuvre (PGO)

Les résultats des émissions de CO_2 associés aux produits de gros œuvre sont présentés dans les paragraphes ci-après.

a. Résultats par typologie de Produit TP1

Le Tableau III-24 donne le bilan des émissions de CO_2 de fabrication, de transport et de conditionnement rattaché aux typologie de Produit TP1 qui sont les infrastructures, les superstructures, la toiture et la voirie.

TP1 (PGO)	BC Fabrication	BC Transport	BC Conditionnement	BC total [t.CO2eq]
Infrastructures	58,26	18,46	0,09	76,81
Superstructures	36,92	8,90	0,01	45,83
Toiture	20,71	7,26	0,86	28,83
Voirie	1,17	0,33	0,002	1,50
BC TOTAL PGO	**117,06**	**34,96**	**0,96**	**152,97**

Tableau III-24 Bilan des émissions par typologie de produit TP1

La Figure III-35 montre la répartition de ce bilan par typologie de produit TP1.

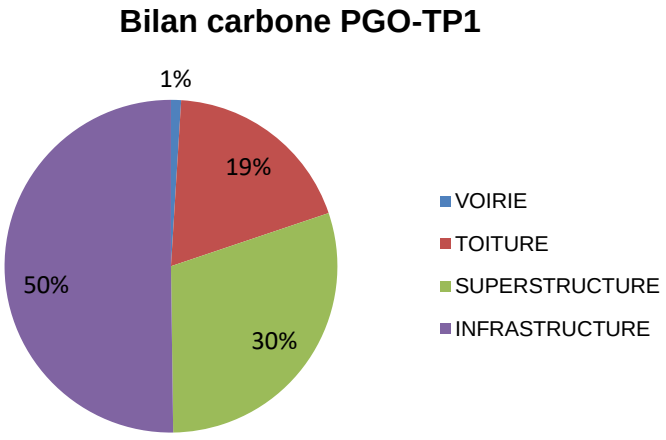


Figure III-35 : Répartition du Bilan des émissions par typologie de produit TP1

Les émissions de CO_2 engendrées par les travaux d'infrastructures sont très importantes par rapport aux autres typologies de produits. Pour les PGO, celles-ci

détiennent la moitié des parts, viennent ensuite les travaux de superstructures avec un pourcentage d'émission égal à 30% équivaut à 45,83 t de CO_2. Les œuvres de toitures émettent 28,83 t de CO_2 tandis que les travaux de voirie y contribuent faiblement avec un pourcentage d'émission ne dépassant pas les 2%.

b. Résultats par typologie de Produit TP2

Le Tableau III-25 montre le résultat du bilan des émissions de CO_2 de fabrication, de transport et de conditionnement par typologie de produit TP2.

Tableau III-25 : Bilan des émissions par typologie de produit TP2

TP2 (PGO)	Emission de CO_2 Fabrication	Emission de CO_2 Transport	Emission de CO_2 Condition.	Emission de CO_2 Total [t de CO2]
Béton de propreté	0,847	0,402	0,002	1,25
Semelle filante	13,837	4,747	0,023	18,61
Soubassement	4,424	1,683	0,009	6,12
Dallage	39,096	11,623	0,053	50,77
Autres	0,056	0,007	0	0,06
Voiles	31,51	7,37	0	38,88
Poteaux	1,29	0,25	0	1,54
Linteaux	3,17	1,03	0,01	4,21
Enduit extérieur	0,95	0,25	0	1,20
Charpentes	12,46	0,5	0,33	13,29
Couverture	3,51	6,28	0,38	10,17
Auvent	4,21	0,39	0,14	4,74
Evacuation EP	0,53	0,09	0,01	0,63
Terrassement	0,206	0,301	0	0,51
Réseaux EA	0,77	0,031	0,001	0,80
Réseaux EP	0,098	0	0,001	0,10
Réseaux Elec	0,094	0	0,001	0,10
TOTAL	**117,06**	**34,95**	**0,96**	**152,97**

La Figure III-36 montre les valeurs de chaque typologie de produit TP2 en détails.

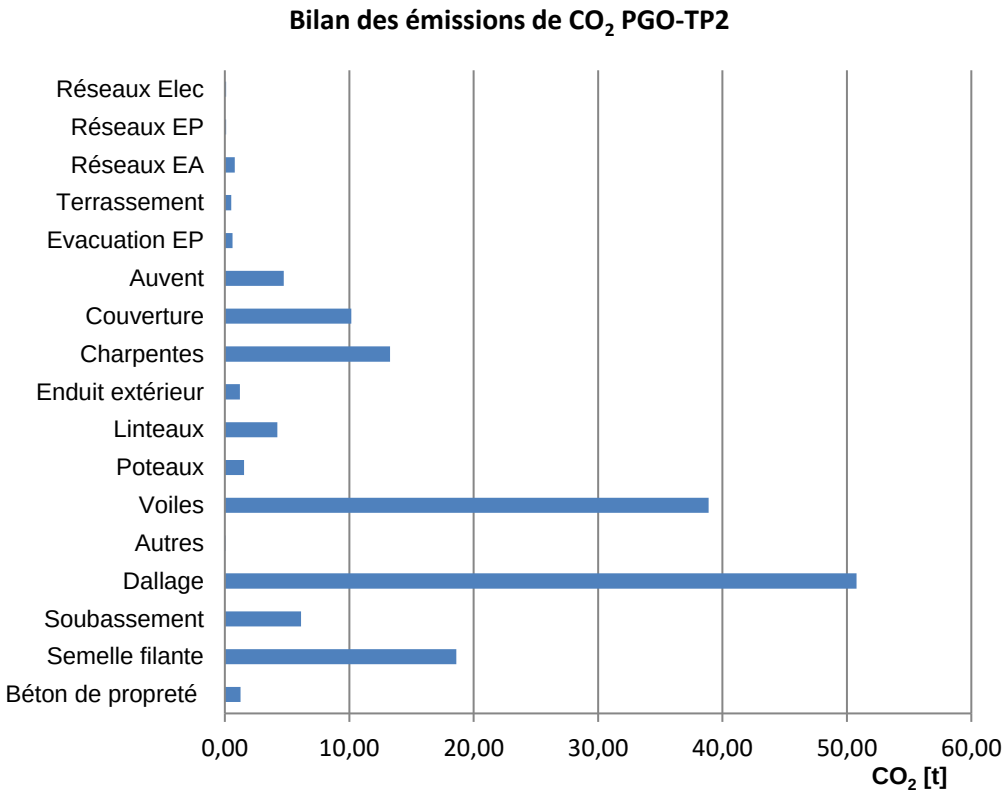


Figure III-36 : Représentation du Bilan des émissions de CO_2 par typologie de produit TP2

Les travaux de dallage accompagnés de ceux de la semelle constituent les principales causes expliquant la forte contribution des infrastructures en termes d'émissions de CO_2. Pour les travaux de superstructures, les voiles en béton cellulaire participent aussi énormément à ces émissions. Pour le cas de la toiture, il y a la charpente qui engendre plus de CO_2 que les couvertures en tuiles et sinon pour les travaux de voirie, même si les matériaux sont à majorité fabriqués en thermoplastiques, l'impact est moins significatif comparé aux autres typologies de produits citées précédemment

c. Résultats par Produit

Pour être plus exhaustive, le Tableau III-26 montre le résultat du bilan des émissions de CO_2 de fabrication, de transport et de conditionnement par produit du gros œuvre.

Tableau III-26 : Bilan des émissions de CO_2 par produit

Produit	Emission de CO_2 Fabrication	Emission de CO_2 Transport	Emission de CO_2 Condition.	Emission de CO_2 Total [t de CO2]
Ciment	38,08	15,85	0,09	54,02
Béton cellulaire	30,94	7,36	0	38,3
Ferraillages	24,61	2,7	0	27,3
Ecran sous toiture	7,86	0	0,33	8,2
Tuiles	1,09	6,02	0,38	7,49
Laines minérales	4,83	0,44	0	5,27
Alu recyclé	4,21	0,17	0	4,37
Thermoplastiques	1,49	0,12	0,01	1,63
Graviers	0,7	0,76	0	1,46
Matériaux bois	1,02	0,13	0	1,15
Sable	0,17	0,92	0	1,1
Chaux	0,87	0,21	0	1,08
Autres	0,65	0,01	0	0,65
Moellon	0,55	0,03	0	0,59
Bambou	0	0,23	0,14	0,37
Eau	0,004	0	0	0,004
Total	**117,06**	**34,96**	**0,96**	**152,97**

La Figure III-37 montre que la forte contribution des travaux d'infrastructures est fortement liée à l'utilisation du ciment et des ferraillages comme matériaux de constructions. Emettant déjà jusqu'à 38 t de CO_2 rien que pour la phase de fabrication, les tonnes de ciments ont été encore transportés depuis Ibity sur une distance de 1375km ajoutant ainsi un autre facteur d'émission et nous conduisant à cette valeur très significative (presque égale à 54 t de CO_2). Pour le cas du béton cellulaire, ceci peut être avantageux en termes de confort et d'isolation mais en terme environnemental, l'impact est loin d'être négligeable (presque égale à 31 t de CO_2). De plus, ils sont lourds à transporter vu qu'il n'y a pas encore une possibilité de fabriquer le matériau localement, et qu'il fallait les transporter depuis Majunga (659km). Quant aux autres matériaux, l'utilisation de la tuile pour les couvertures et des matériaux bois pour la charpente semble avantageuse, seul l'écran sous toiture pose un souci environnemental compte tenu de sa fabrication et de son origine (importé depuis l'Afrique du Sud). Ceci est aussi le cas pour l'utilisation de la laine minérale pour l'isolation de la dalle.

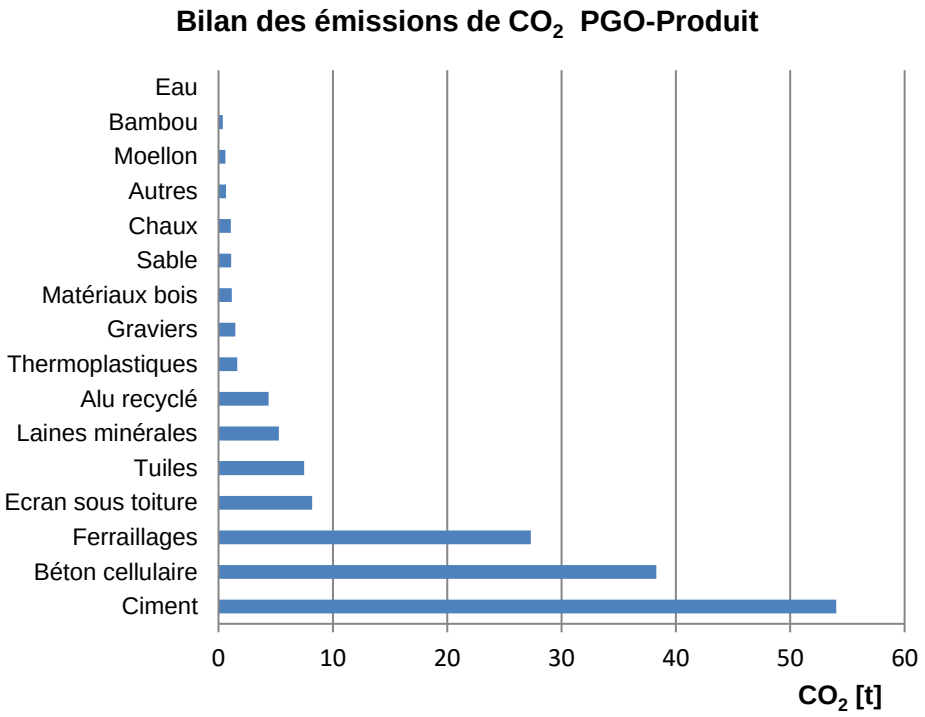


Figure III-37 : Représentation du Bilan des émissions de CO_2 par produit

III.6.4.2 Produit du Second Œuvre (PSO)

Les résultats du bilan des émissions de CO_2 rattachés aux produits du second œuvre sont présentés dans ce paragraphe. Ces résultats sont donnés par espace fonctionnel et par typologie de produit TP1.

a. Résultats PSO par Espace fonctionnel

Le bilan des émissions de CO_2 par espace fonctionnel par rapport au PSO et pour chaque phase du processus est récapitulé dans le Tableau III-27.

La Figure III-38 montre la répartition du bilan bilan des émissions de CO_2 du PSO par espace fonctionnel.

La Figure III-39 montre que les salles de travaux pratiques sont les plus émetteurs de CO_2 au niveau du second œuvre. Ceci est justifié par l'existence des paillasses en béton et en carrelage à l'intérieur de ces espaces fonctionnels

Tableau III-27 : Bilan bilan des émissions de CO_2 - PSO par Espace Fonctionnel

PSO-EF	Emission de CO_2 Fabrication	Emission de CO_2 Transport	Emission de CO_2 Condition.	Emission de CO_2 Total [t de CO2]
SC1	3,92	1,53	0,12	5,57
SC2	3,20	1,19	0,10	4,49
SC3	3,20	1,19	0,10	4,49
SC4	3,20	1,19	0,10	4,49
TP1	6,15	1,99	0,19	8,33
TP2	6,15	1,99	0,19	8,33
TP3	5,19	1,76	0,16	7,11
Salle d'info	3,51	1,28	0,11	4,90
Local technique	2,34	0,67	0,06	3,07
Bibliothèque	2,51	1,27	0,11	3,89
Bureau	2,35	1,16	0,11	3,62
Toilettes	2,65	0,60	0,09	3,34
Salle de réunion	3,02	1,09	0,09	4,20
Couloir	4,69	2,11	0,15	6,95
TOTAL	**52,08**	**19,02**	**1,68**	**72,78**

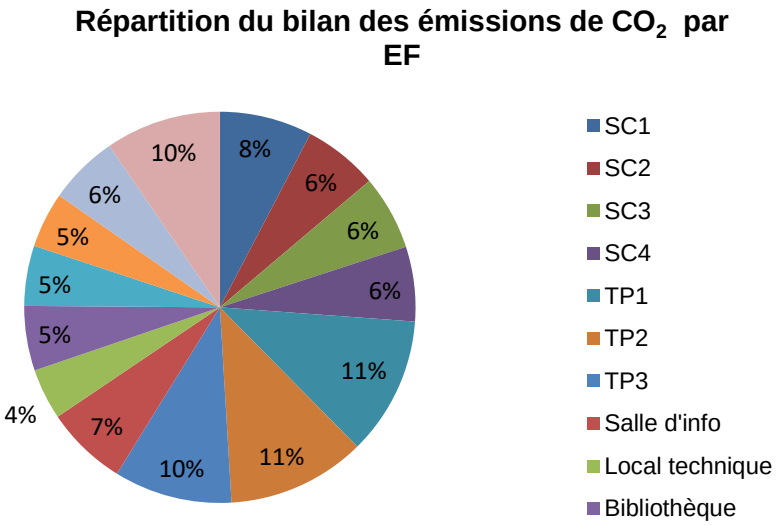


Figure III-38 : Répartition du bilan des émissions de CO2 du PSO par EF

D'une grande évidence, les quantités de CO_2 émis par chaque espace fonctionnel s'accroissent avec l'étendue de leur surface lorsqu'elles sont construites avec les mêmes types de matériaux. Il y a donc le couloir qui est le second émetteur après les salles de TP. Celui-ci requit beaucoup plus de matériaux, c'est-à-dire

beaucoup plus de plancher, de faux plafonds, d'enduit et de peinture avec son étendue sur la construction. Vient ensuite la salle de classe SC1 qui est beaucoup plus spacieux que les autres salles de classe (SC2, SC3, SC4) et puis après la salle d'info. Encadré par un mur porteur (PGO), la bibliothèque n'émet pas autant que les autres espaces fonctionnels puisque la cloison du Nord n'a pas été prise en considération pour ce calcul, mais plutôt prise en compte pour la pièce voisine qui est le local technique. Le même cas se présente pour le bureau, sauf que pour celui-ci, la cloison est prise en considération par l'autre pièce voisine qui est la toilette. Et enfin, le local technique et la toilette sont les moins émettrices en termes de PSO suite à leur étroitesse.

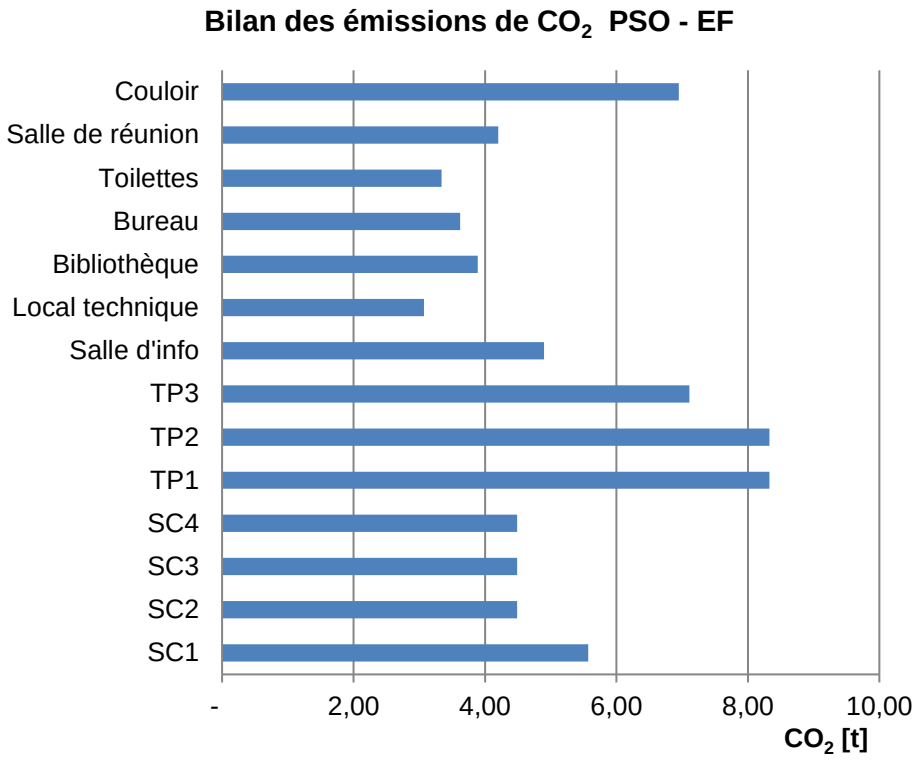


Figure III-39 : Bilan des émissions de CO2 PSO-EF

b. Résultats PSO par typologie de produit TP1

Les résultats au niveau du PSO par typologie de produit TP1 est récapitulé dans le Tableau III-28.

Tableau III-28 : Bilan des émissions de CO2 PSO par typologie de produit TP1

PSO/TP1	Emission de CO_2 Fabrication	Emission de CO_2 Transport	Emission de CO_2 Condition.	Emission de CO_2 Total [t de CO2]
Menuiseries	1	1,51	0,35	2,86
Enduit intérieur	3,8	1,02	0,01	4,83
Peinture intérieure	0,37	0,12	0,24	0,73
Faux plafonds	3,87	7,09	0,21	11,17
Cloison	20,98	4,64	0,35	25,97
Revêtement sol	15,54	4,65	0,42	20,61
Electricité & plomberie	6,5	0	0,06	6,56
TOTAL	**52,08**	**19,02**	**1,66**	**72,76**

La Figure III-40 montre que les cloisons tiennent le premier rang en termes d'émission avec 25,97 t de CO_2. Ceci confirme encore les affirmations citées plus haut quant aux voiles qui ont été construites avec le même type de matériaux (le béton cellulaire). Paradoxalement, il y a le revêtement du sol qui est le second émetteur après les cloisons alors que celui-ci a été construit avec du bambou et qui, à la base, était le seul matériau ayant un bilan des émissions neutre. A titre d'explication, même si le bambou pourrait constituer un excellent puits de carbone, notre calcul a été fait en prenant en considération le transport (depuis une distance de 1543 km) et le conditionnement du produit. Ainsi, combiné avec les mousses en polyuréthane sous plancher qui sont importés depuis l'Afrique du Sud, le résultat est justifié. Il y a les faux plafonds qui sont les troisièmes émetteurs de CO_2. Nous pouvons voir la grande différence entre les résultats du plancher et du faux plafond construis tous les deux avec du bambou mais le premier était associé avec les mousses PU, et ce qui n'était pas le cas pour le second.

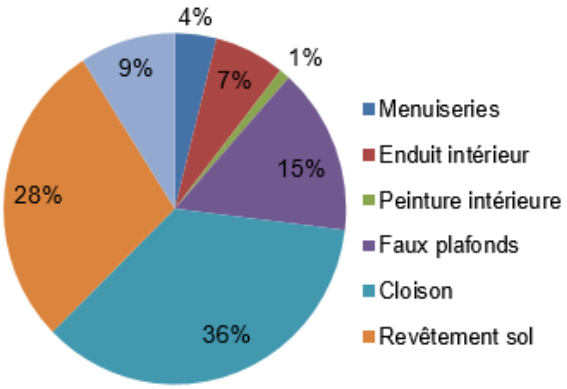


Figure III-40 : Répartition du bilan des émissions de CO_2 du PSO par TP1

Sinon, pour les autres typologies de produits comme pour les électricités et les plomberies, les émissions valent 6,57 t de CO_2. Les travaux de menuiseries, d'enduit et de peinture sont les moins émetteurs selon le résultat donné par la Figure III-41.

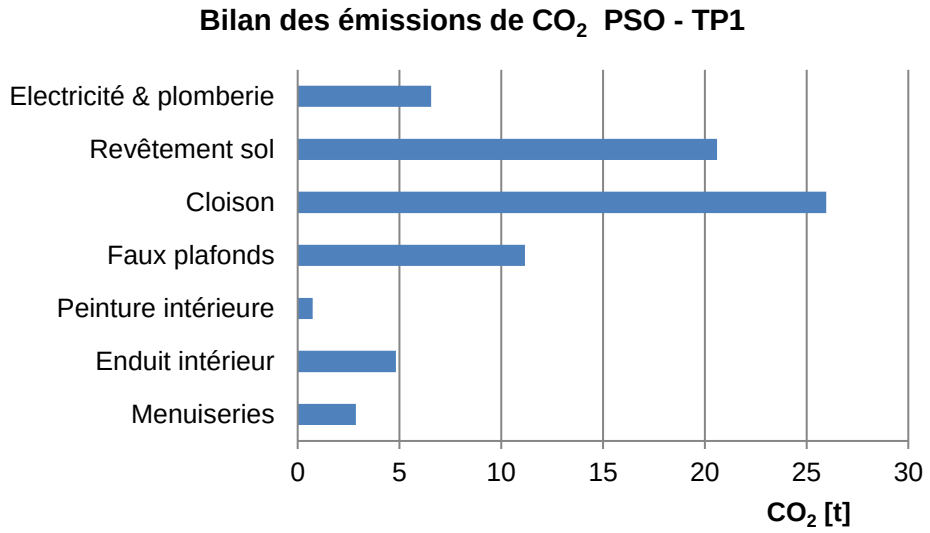


Figure III-41 : Bilan des émissions de CO_2 du PSO – TP1

III.6.4.3 Produit d'équipement (PE)

Les résultats du bilan des émissions de CO_2 rattachés aux produits d'équipement sont présentés dans ce paragraphe. Ces résultats sont toujours donnés par espace fonctionnel et par typologie de produit TP1.

a. Résultats PE par Espace fonctionnel

Pour les produits d'équipements, les plus émettrices de CO_2 sont ceux qui utilisent plus d'équipements bureautique comme illustré sur le Tableau III-29.

La salle d'info et le bureau sont à la tête de l'histogramme de la Figure III-42. En plus, les mobiliers utilisés dans ces espaces fonctionnels sont majoritairement importés (chaise de bureau, table pour ordinateur, canapé de bureau, etc.). Le même cas se présente pour le local technique et la bibliothèque et qui se différencient juste par le nombre de matériels d'équipements.

Tableau III-29 : Bilan des émissions de CO_2 PE par Espace Fonctionnel

PE/EF	Emission de CO_2 Fabrication	Emission de CO_2 Transport	Emission de CO_2 Condition.	Emission de CO_2 Total [t de CO2]
SC1	1,12	0,43	0,02	1,57
SC2	0,98	0,43	0,02	1,43
SC3	0,98	0,43	0,02	1,43
SC4	0,98	0,43	0,02	1,43
TP1	1,02	0,42	0,02	1,46
TP2	1,02	0,42	0,02	1,46
TP3	0,76	0,42	0,02	1,2
Salle d'info	12,75	1,73	0,12	14,6
Local technique	4,97	1	0,1	6,07
Bibliothèque	5,82	0,37	0,05	6,24
Bureau	7,24	3,84	0,18	11,26
Toilettes	1,16	0,05	0,03	1,24
Salle de réunion	1,11	0,12	0,02	1,25
Couloir	1,55	0,01	0,01	1,57
TOTAL	**41,46**	**10,1**	**0,65**	**52,21**

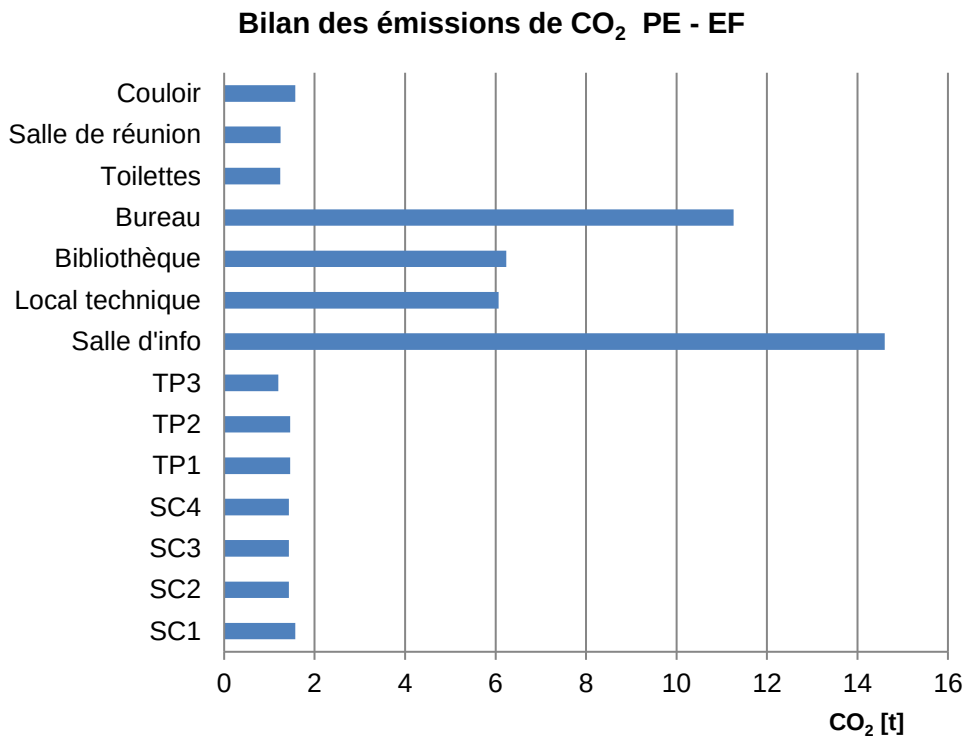


Figure III-42 : Bilan des émissions de CO_2 PE par Espace Fonctionnel

Pour les salles de TP, et les salles de classes, les meubles (tables et bancs) sont tous fabriqués localement et en bois. Sinon, nous allons voir dans la section

suivante quels sont les typologies de produits les plus émettrices et pourquoi le couloir rejette plus de CO_2 que les autres espaces fonctionnels alors qu'il ne renferme presque pas de matériels d'équipements.

b. Résultats PE par typologie de produit TP1

Les résultats du bilan des émissions de CO_2 des produits d'équipements par typologie de produits sont détaillées dans le :

PE/TP1	Emission de CO_2 Fabrication	Emission de CO_2 Transport	Emission de CO_2 Condition.	Emission de CO_2 Total [t de CO2]
Eclairages	10,31	0,03	0,05	10,39
Mobiliers	3,4	9,58	0,28	13,26
Multimédia et bureautique	26,47	0,33	0,22	27,02
Confort	0,27	0,11	0,06	0,44
Equipement 2nd Œuvre	0,87	0,05	0,03	0,95
Entretien	0,14	0,001	0	0,141
TOTAL	**41,46**	**10,10**	**0,64**	**52,20**

Tableau III-30 : Bilan des émissions de CO_2 PE par typologie de produit TP1

Il est d'une grande évidence que les équipements de multimédia et bureautique sont les plus producteurs de CO_2 comparés aux autres typologies de produits, et ceci allant depuis leur fabrication, leur transport (depuis la Chine) et jusqu'à leur conditionnement. La Figure III-43 montre la répartition du bilan des émissions de CO_2 au niveau des produits d'équiment par typologie de produit TP1.

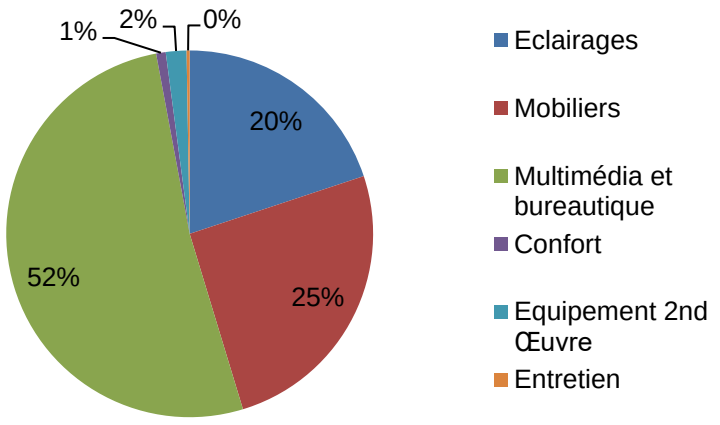


Figure III-43 : Répartition du bilan des émissions de CO_2 PE par typologie de produit TP1

Les divers mobiliers arrivent en seconde place. Ces derniers sont les plus nombreux et tous importés sauf ceux qui sont fabriqués à partir du bois. Et il y a ici l'éclairage qui produit jusqu'à 10,39 tonnes de CO_2 et explique pourquoi le couloir était aussi un émetteur de GES non négligeable parce qu'il est éclairé avec 24 LED encastrés sur le plafond. A titre de rappel, les produits d'équipements utilisés pour ce bâtiment sont détaillés suivant le Tableau III-31 ci-dessous. Il a été difficile de trouver les bilans des émissions de CO_2 associés aux équipements de laboratoire pour les salles de TP. C'est pourquoi, ceux-ci n'ont pas été intégrés dans les calculs.

Tableau III-31 : Liste des produits d'équipement

Eclairage	Mobiliers	Multimédia et bureautique	Confort	Equipement du second œuvre	Entretien
Ampoules LED	Chaise en bois	Ordinateur de bureau	Brasseur	Prise électrique	Balais
	Chaise de bureau	Imprimante		Interrupteur	Chiffons en coton
	Chaise de salon	Photocopieuse		E vier	Bacs à ordure
	Table en bois	Projecteur		Pack WC en porcelaine	Nappes de tables
	Tableau blanc	Chaine hifi			Miroir
	Etagère en bois	Ampli			
	Casier de rangement	Décodeur			
		Téléphone			
	Armoire de rangement	Dispositif d'incendie			
	Table pour ordinateur				
	Canapé de bureau				
	Moquettes				

III.6.5. Résultats par espace fonctionnel

En regroupant les résultats obtenus pour les Produits du Second Oeuvre et les Produits d'Equipements, nous aboutissons au bilan des émissions de CO_2 de chaque espace fonctionnel. Le Tableau III-32 montre le bilan des émissions de CO_2 par espace fonctionnel tout au long du processus.

Les calculs montrent qu'environ 124,94 tonnes de.CO_2 ont été produits à partir de la réalisation des travaux du PSO et la mise en place des matériels d'équipements. La phase de fabrication des matériaux détient la part la plus importante (presque les 75% d'émissions). La Figure III-44 présente la répartition des émissions par espace fonctionnel.

Tableau III-32 : Bilan des émissions de CO_2 des espaces fonctionnels

Espace fonctionnel	Emission de CO_2 Fabrication	Emission de CO_2 Transport	Emission de CO_2 Condition.	Emission de CO_2 Total [t de CO2]
SC1	5,04	1,96	0,14	7,14
SC2	4,17	1,62	0,11	5,9
SC3	4,17	1,62	0,11	5,9
SC4	4,17	1,62	0,11	5,9
TP1	7,17	2,41	0,21	9,79
TP2	7,17	2,41	0,21	9,79
TP3	5,96	2,18	0,18	8,32
Salle d'info	16,25	3,01	0,23	19,49
Local technique	7,31	1,67	0,16	9,14
Bibliothèque	8,33	1,64	0,16	10,13
Bureau	9,59	5	0,28	14,87
Toilettes	3,81	0,65	0,12	4,58
Salle de réunion	4,14	1,21	0,11	5,46
Couloir	6,25	2,12	0,16	8,53
TOTAL	**93,53**	**29,12**	**2,29**	**124,94**

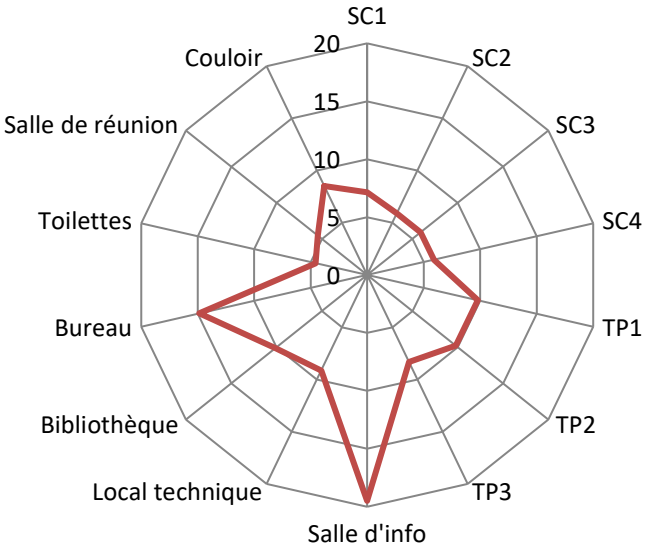


Figure III-44 : Répartition du bilan des émissions de CO_2 par espace fonctionnel

La Figure III-45 montre la participation des PSO et des PE dans les émissions de chaque espace fonctionnel. Les EF les plus émettrices restent la salle d'info, le bureau et la bibliothèque. En dépit de l'espace étroite occupée par ces espaces fonctionnels, l'impact reste énorme compte tenu des produits d'équipement qui y sont installés. Viennent ensuite les salles de TP qui sont émetteurs non pas à cause

des équipements mais plutôt à cause du PSO. Il y a le local technique qui est aussi fortement équipé. Les restes des espaces fonctionnels (salle de classe, couloir, et salle de réunion) les émissions sont surtout liées aux PSO et restent faibles comparés à celles des autres pièces. Les toilettes restent le moins polluantes de tous les espaces fonctionnels.

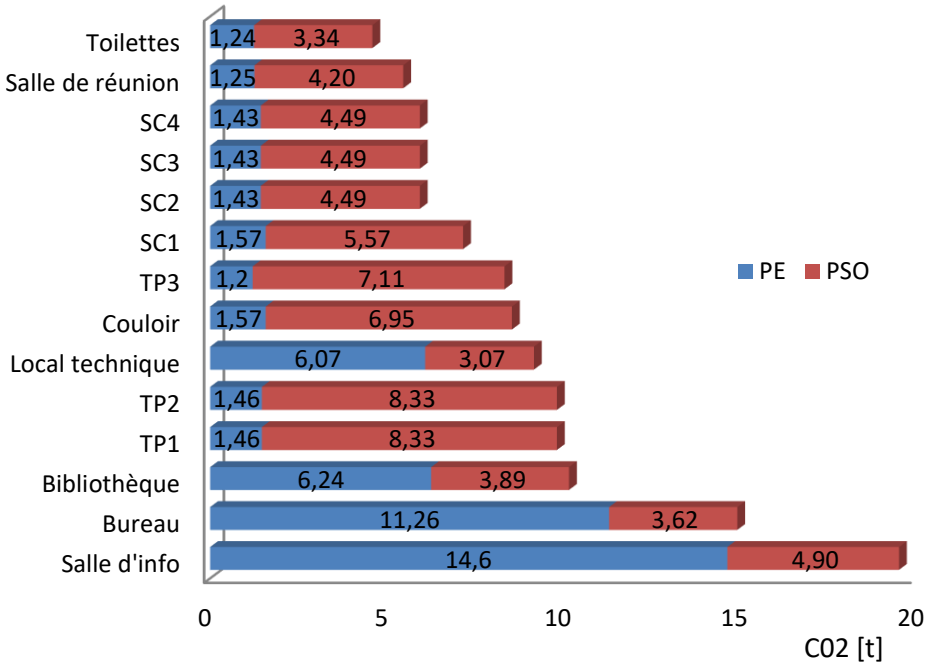


Figure III-45 : Bilan des émissions de CO_2 PSO-PE des espaces fonctionnels

III.6.6. Résultats globaux

Dans sa globalité, les résultats de l'inventaire des émissions de CO_2 par typologie de produit TP0 sont donnés dans le Tableau III-33.

Tableau III-33 : Bilan des émissions de CO_2 par typologie de produit TP0

TPO	Emission de CO_2 Fabrication	Emission de CO_2 Transport	Emission de CO_2 Condition.	Emission de CO_2 Total [t de CO2]
PGO	117,06	34,96	0,96	152,98
PSO	52,08	19,02	1,66	72,76
PE	41,45	10,11	0,64	52,2
TOTAL	**210,59**	**64,09**	**3,26**	**277,94**

Les récapitulatifs des émissions reliés aux différentes phases sont les suivants illustrés sur la Figure III-46.

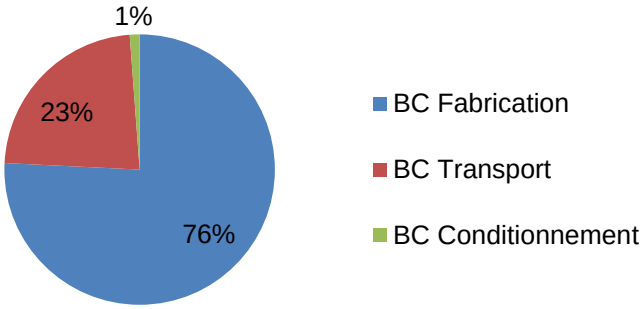


Figure III-46 : Répartition du bilan des émissions de CO_2 par phase

Les émissions reliées à la fabrication des matériaux comptent pour une partie très importante des émissions de CO_2 totales (76,05%), l'autre cause bien plus modéré d'émissions provient naturellement de la phase de transport (22,84%) et la phase de conditionnement représente un impact encore plus faible (1,11%) du total des émissions de CO_2 totales. En effet, transporter plusieurs tonnes de ciment, de ferraillage, d'énormes quantités de bambou à plus de 1000km, plusieurs tonnes de béton cellulaire à plus de 500km nous amène à remarquer que le poste fret représente quand même une part modéré mais non négligeables en termes d'émissions.

D'après la Figure III-47, la phase d'exécution des produits de gros œuvre (PGO) détient plus de la moitié en termes d'émissions de CO_2 (55%). Celui-ci produit jusqu'à 152,97 t de CO_2 soit deux fois les PSO et trois fois les PE.

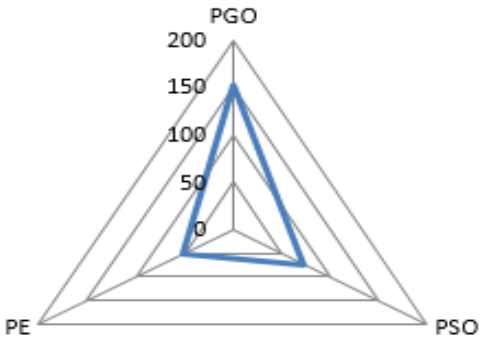


Figure III-47 : Répartition du bilan des émissions de CO_2 par typologie de produit TP0

A partir de données traitées pour l'ensemble du chantier nous avons quantifié les émissions globales de notre projet de construction. Le Tableau III-34 montre le bilan global du flux matière ainsi qu'un ratio correspondant à l'émission par m² de l'espace bâti étudié.

Tableau III-34 : Bilan des émissions de CO_2 par m² de l'espace bâti

Emissions du chantier [t de CO_2]	277,93
Surface occupée [m2]	1603,5
Emission par m2 [kg de.CO_2/m2]	173,32

Si on jette un coup sur tous les matériaux utilisé pour la construction du bâtiment, nous avons les résultats du bilan des émissions de CO_2 associés à chacun d'eux et par conséquent il est plus facile de repérer celui qui est le plus émetteur à partir des deux illustrations.

III.6.7. Synthèse

Ces résultats sont corrélés directement à l'usage des matériaux notamment le béton, le bois, le bambou, le béton cellulaire et les matériels d'équipements (mobiliers, informatiques, etc.). À elles seules, les émissions de l'ouvrage en béton armé représentent 21% de l'ensemble. L'importante quantité de ciment dont la production est un des principaux contributeurs au réchauffement climatique et du ferraillage nécessaire à la réalisation de celui-ci et par conséquent des travaux d'infrastructures (semelle filante, béton de propreté et dallage, poteaux) en est à l'origine. En effet, pour les chantiers de construction du bâtiment, l'utilisation du béton armé génère toujours les plus fortes émissions. Si l'on veut être efficace dans la gestion des priorités, il va falloir s'atteler à réfléchir sur ce poste majeur. Il peut être cohérent pour lutter contre le réchauffement climatique et contre la dépendance de cette activité aux énergies fossiles de repenser les systèmes constructifs sans remettre en cause l'utilisation du béton armé qui reste un matériau aux propriétés remarquables. Nous pouvons par exemple limiter les ornements et ouvrages

architecturaux en béton, repenser la structure (poteaux, poutres) et alléger pour diminuer les fondations. Les pistes sont nombreuses et méritent d'être analysées. Les émissions de CO_2 reliées à l'utilisation du béton cellulaire transporté depuis le lieu de fabrication jusqu'au chantier représentent également une partie importante des émissions. Celle-ci représente 19% des émissions totales de GES produit. Il pourrait être intéressant de le comparer à d'autres types de superstructures pour pouvoir confirmer si utiliser du béton cellulaire est avantageuse ou non. Ceci nous amène à conclure que pour l'étude de ce bâtiment, les parties Gros Œuvre ont été les plus émettrices de carbone.

Pour ce qui est de la partie Second Œuvre, le principal matériau utilisé pour les travaux de menuiseries et de charpente était le bois. Celui-ci a l'avantage de représenter une faible empreinte carbone comparé aux autres matériaux. La bonne performance environnementale du bambou est en grande partie attribuée au fait qu'il est considéré comme presque neutre durant son cycle de vie. Ainsi, bien que le transport ajoute une part importante aux émissions de CO_2, ce choix de construction en bambou reste une alternative environnementale très viable. La chaux hydraulique ayant une émission de carbone plus faible que le ciment a été choisie pour les œuvres d'enduits. Celle-ci a le privilégie d'être compatible également à notre support (béton cellulaire). D'un autre point de vue, nous avons fait en sorte également que tous les matériaux utilisés sont produits localement c'est-à-dire dans le pays même. Certes, il y eu quand même de l'exception quant aux autres matériaux comme les mousses par exemple, l'écran sous toiture, tous les équipements électriques, et en grande partie pour les produits d'équipements. Pour le moment, il est encore difficile de bannir totalement l'importation des matériaux pour les travaux de constructions à Madagascar suite à l'insuffisance des industries de fabrication. Il faut quand même garder à l'esprit qu'on construit non seulement dans le cadre environnemental mais aussi dans le cadre d'une longue durabilité et d'une qualité inégalée. Il est également difficile d'exclure les matériels bureautiques et informatiques surtout pour les bâtiments à usage scolaire. C'était la raison pour laquelle les bureaux, les bibliothèques et la salle d'info ont été considérées comme les espaces fonctionnels les plus polluants durant cette étude. En somme, il faut bien faire le choix des matériaux pour éviter le rejet de CO_2 ou pour réduire les émissions.

Suite à notre frontière d'étude limitée sur l'analyse du berceau à la porte : c'est-à-dire, seulement durant la phase fabrication et la phase de transport des matériaux de construction, sans prendre en considération ni les consommations énergétiques, ni la phase d'utilisation et ni la fin de vie du bâtiment, il est difficile d'affirmer si notre bâtiment présente une faible émission de CO_2 ou non sans passer par l'indicateur de performances d'émissions. Or, il est intéressant de noter que la phase d'utilisation, exclue de nos frontières peut représenter aussi un impact très important si l'on poursuivait une analyse « du berceau au tombeau ». Il est donc fort possible que ces valeurs obtenues augmenteraient si on tient compte du cycle de vie total du bâtiment. Pour ce qui est de la qualité des données, il y a davantage d'incertitude de calculs pour ce qui concerne la construction de ce bâtiment. Tout d'abord, les techniques de construction qui auraient été utilisées sont assez hypothétiques, la provenance de certains matériaux est moins certaine, et puis le présent rapport analyse les impacts les plus probables en se basant sur des données génériques européennes (à partir de la base d'ADEME, INIES). Jusqu'à ce jour, il est encore difficile d'acquérir des facteurs d'émissions de CO_2 pour le contexte Malgache. Cependant, le principe de précaution a été adopté sur les hypothèses et pondérations retenues afin d'obtenir les résultats les plus représentatifs possibles. Pour toutes ces raisons, l'incertitude pour les résultats obtenus pourrait être estimée à 20 %.

L'annexe 1 donne une meilleure visibilité sur les matériaux utilisés associés à leur facteur d'émissions et leur pays d'origine.

III.6.8. Etude comparative de deux variantes

Une autre analyse des flux matières complète du bâtiment Master a été traitée en mémoire de fin d'études de niveau master par [64]. Nous allons comparer les résultats globaux obtenus pour les deux variantes.

III.6.8.1 Variante 1 :

La variante 1 correspond à l'analyse traité dans ce chapitre. Cette variante est surtout caractérisée par une couverture en tuile, charpente en bois pour la toiture. Le second œuvre est caractérisé par l'utilisation des matériaux en bois (menuiserie, auvent, faux plafond, revêtement de sol)

III.6.8.2 Variante 2 :

La variante 2 est basée par une couverture en tôle, charpente en bois pour la toiture. Le second œuvre est caractérisé par des menuiseries en aluminium, revêtement de sol en carreau céramique, faux plafond en bois.

Pour les deux variantes la partie gros œuvre liée notamment avec l'infrastructure et superstructure est quasi identique.

La Figure III-48 montre que la variante 1 est plus écologique du fait de l'utilisation des matériaux locaux. En effet, ces derniers permettent l'obtention d'un bilan d'impact environnemental relativement plus faible qu'une construction à partir de matériaux génériques [65]. Au niveau de la toiture (PGO) par exemple, l'utilisation des couvertures en tôle est presque deux fois plus polluante que l'utilisation des tuiles. Il en est de même pour les revêtements de sol en PSO, les carreaux céramiques sont deux fois impactant que les revêtements en bois.

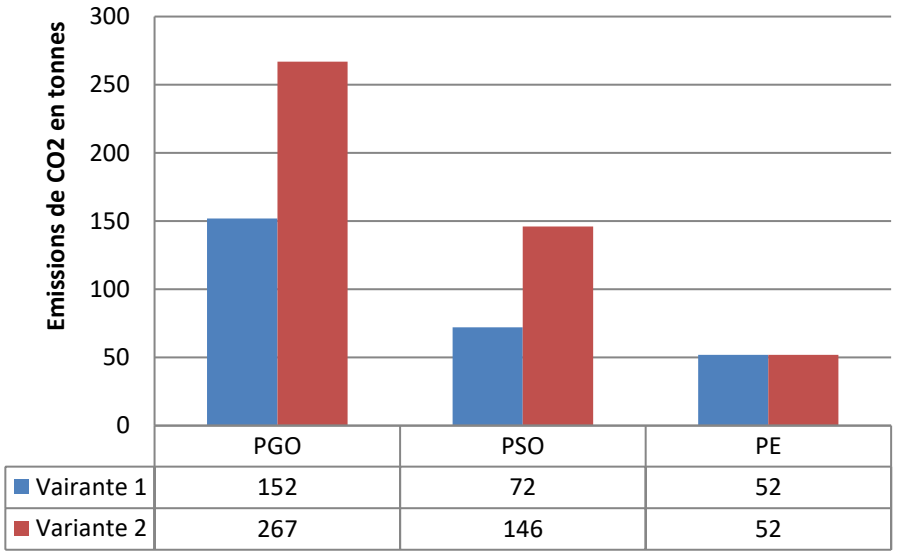


Figure III-48 : Comparaison de deux variantes TP0

La Figure III-49 confirme que la variante 1 émet moins de CO_2 par rapport à la variante 2. Nous pouvons conclure que le bilan des émissions de CO_2 de construction d'un bâtiment dépend des matériaux de construction. L'utilisation des matériaux locaux émet moins de CO_2 par rapport aux matériaux importés.

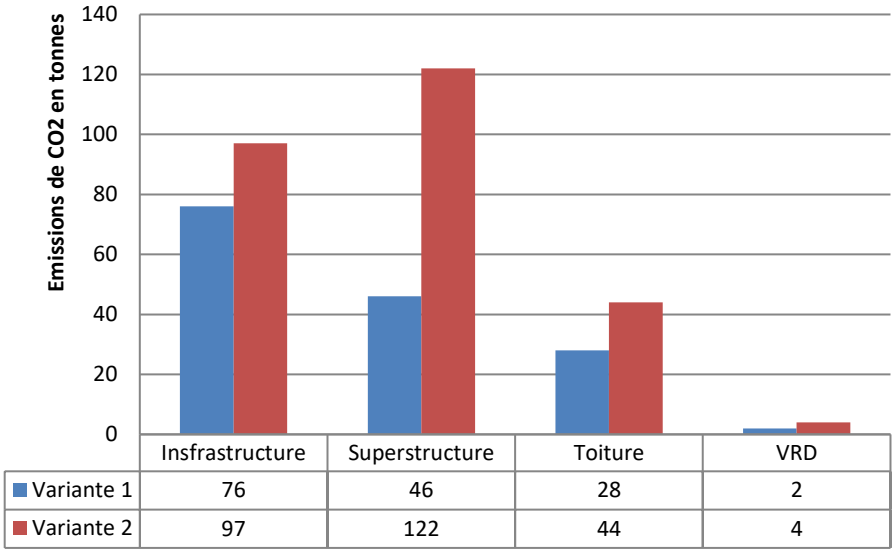


Figure III-49 : Comparaison de deux variantes TP1 de PGO

III.6.8.3 Bilan économique

A partir des données de prix unitaire des produits, nous estimons à 1 134 000 000 Ar le coût de construction du bâtiment Master. La Figure III-50 montre le bilan et sa répartition par typologie de produits TP0. Ce bilan englobe l'ensemble des produits de PGO et de PSO. Pour le PE, ce bilan tient compte des mobiliers, des équipements de confort et d'éclairage. Les équipements informatiques et les matériels de travaux pratiques ne sont pas inclus.

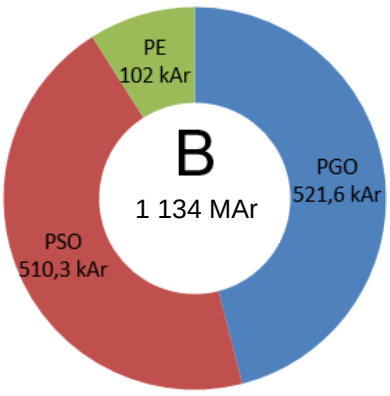


Figure III-50 : Bilan économique de la construction du bâtiment M

La Figure III-51 montre un ratio du bilan économique rapporté au m² de construction. Nous avons un ratio de 945 000 Ar/m² pour la construction de ce bâtiment de formation à Madagascar. A la Réunion, ce ratio est de 368 €/m². Les couts des matériaux sont quasiment identiques mais c'est au niveau des prix de main d'œuvre

qui font que le ratio de la Réunion est plus élevé que celui de Madagascar. A titre de comparaison aussi, le ratio par m² de construction d'une villa à Madagascar est de 1 250 000 Ar/m². C'est un ratio plus élevé que celui du bâtiment de formation à cause des exigences de confort pour ce type de construction.

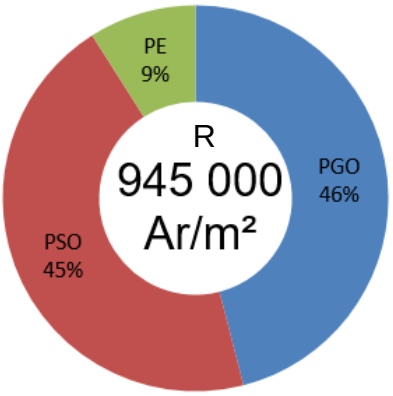


Figure III-51 : Ratio économique de la construction du bâtiment M

III.7. CONCLUSION

Nous avons vu dans ce chapitre l'analyse des flux matières d'un espace bâti en phase de construction. Une nouvelle démarche méthodologique a été adopté en complément à la description systémique, typologique et au cadre normatif de l'ACV. Nous avons traité aussi la modélisation et le développement d'un nouveau outil d'analyse des flux matières par l'approche orientée objet. Cette approche nous a permis de bien structurer les données et de faciliter l'analyse des résultats. Après avoir effectué diverses analyses en rapport avec la nouvelle démarche proposée, nous avons traité l'analyse des flux matières de la construction du bâtiment Master. Durant cette analyse, nous avons fait en sorte que les matériaux de construction disponibles localement soient privilégiés. Nous avons quand même comparé l'analyse des flux de matières avec une autre configuration de ce même bâtiment. Nous avons pu conclure que l'utilisation des matériaux écologiques locaux émet moins de CO_2 que les matériaux de construction importés.

CHAPITRE IV

OUTILS ET ANALYSE DES FLUX D'ENERGIE ELECTRIQUE EN PHASE DE FONCTIONNEMENT DE L'ESPACE BATI

IV.1. INTRODUCTION 121
IV.2. ANALYSE DE FLUX D'ENERGIE – SIGNATURE DE CONSOMMATION ENERGETIQUE 122
IV.2.1. Présentation des travaux antérieurs 122
IV.2.2. Objectif 123
IV.2.3. Modélisation systémique et typologique 124
IV.2.4. Modélisation et conception orientée Objet 136
IV.2.5. Développement de l'outil avec Matlab 139
IV.2.6. Application de l'analyse de flux d'énergie au bâtiment Master 151
IV.2.7. Synthèse 169
IV.3. MISE EN ŒUVRE D'UN FICHIER DE CONSOMMATION HORAIRE 170
IV.3.1. Conception de l'outil d'analyse de flux d'énergie – Consommation horaire 170
IV.3.2. Réalisation de l'outil d'analyse de flux d'énergie – Consommation horaire 174
IV.3.3. Application de l'outil d'analyse de flux d'énergie – Consommation horaire 179
IV.4. CONCLUSION 179

CHAPITRE IV. OUTILS ET ANALYSE DES FLUX D'ENERGIE ELECTRIQUE EN PHASE DE FONCTIONNEMENT DE L'ESPACE BATI

IV.1. INTRODUCTION

Le secteur d'habitat représente presque la moitié de la consommation d'énergie électrique dans un pays en développement. La production n'arrive pas toujours à satisfaire les besoins des abonnés. La maitrise de l'énergie dans le secteur d'habitat nécessite la connaissance des besoins énergétiques des utilisateurs.

La maîtrise de l'énergie regroupe les techniques permettant de diminuer la consommation d'énergie d'un bâtiment, d'un territoire, d'un pays, dans un souci d'économies financières (maîtrise des coûts) et de réduction de l'empreinte écologique. En effet, dans les pays en développement, la plupart de la production est obtenue à partir des sources fossiles considérées depuis comme sources polluantes.

Dans le secteur d'habitat, la maitrise de l'énergie commence dès la conception d'un bâtiment par la conception bioclimatique en rapport avec la maîtrise du confort en éclairage naturel et du confort climatique. La maîtrise des équipements et de leur fonctionnement dans un espace bâti est alors nécessaire.

Nous traiterons dans ce chapitre deux démarches complémentaires d'analyse de flux d'énergie dans un espace bâti. La Figure IV-1 illustre ces démarches. La première démarche consiste en une analyse globale de la consommation d'énergie électrique d'un espace bâti dans le but d'obtenir sa signature de consommation d'énergie et ainsi sa signature environnementale à différentes échelles d'observation temporelle et spatial. L'autre démarche consiste en une analyse plus détaillée de la consommation sur laquelle nous analyserons la consommation de l'espace bâti pour chaque tranche horaire pour tous les jours de l'année en vue de prévoir la gestion de la distribution de l'énergie. Ces démarches sont basées sur une approche systémique et typologique et à la fois complétées par une démarche orientée objet.

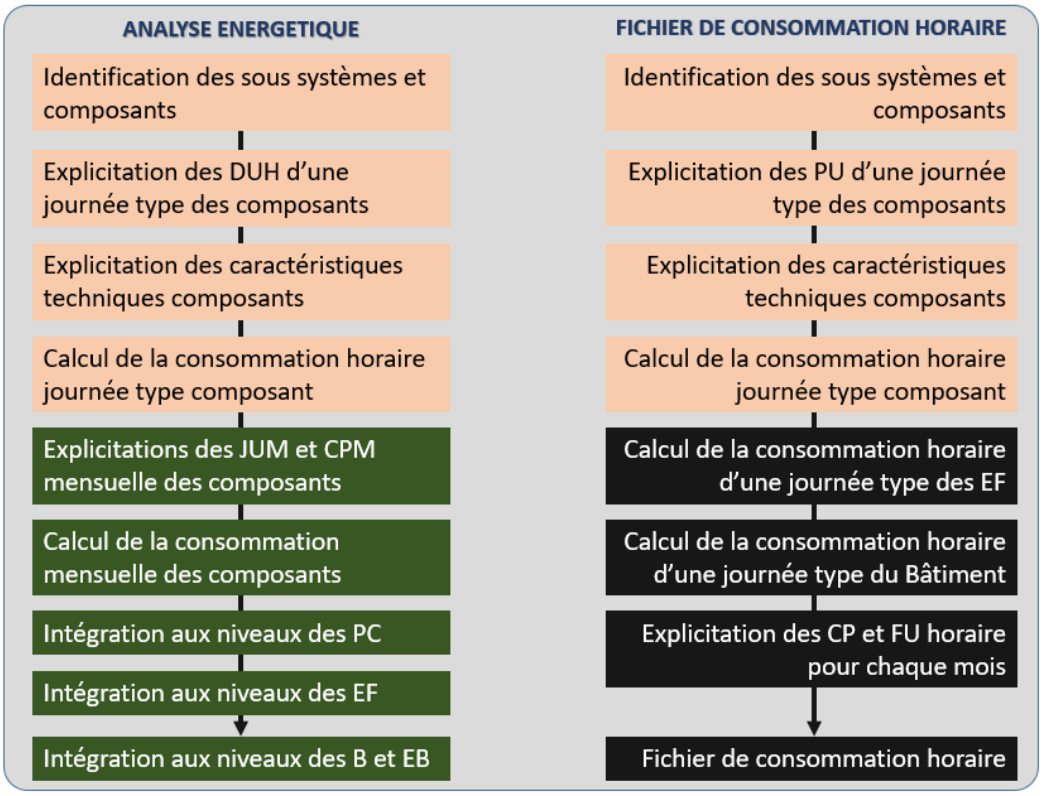


Figure IV-1 : Analogie entre l'analyse énergetique et la mise en œuvre de fichier horaire de consommation

IV.2. ANALYSE DE FLUX D'ENERGIE – SIGNATURE DE CONSOMMATION ENERGETIQUE

Nous traitons dans cette section la conception, la réalisation l'application d'un outil d'analyse de flux d'énergie dans un espace bâti. L'objectif est d'évaluer et d'analyser la consommation d'énergie électrique d'un espace bâti et le bilan des émissions de GES relatif à cette consommation [66] [67]. Il s'agira alors d'obtenir la signature énergétique et environnementale de l'espace bâti et ses espaces fonctionnels.

IV.2.1. Présentation des travaux antérieurs

L'énergie électrique est la plus utilisée dans la plupart des espaces bâtis. L'évaluation de la consommation d'énergie électrique est complexe [68]. Dans sa thèse, [60] a proposé un processus d'identification et de caractérisation des flux énergétiques. La démarche conceptuelle de l'outil est basée sur l'approche systémique et typologique afin d'étudier les phénomènes dans leur ensemble. L'outil est développé avec l'outil Excel et sa généricité et sa réutilisabilité posent souvent de

problèmes amenant le simulateur à reconcevoir les outils à chaque nouvelle simulation.

Nidhoimi E. [69] a apporté des développements complémentaires aux outils et démarches proposés par Rakotonarivo N. [60] en intégrant notamment d'autres approches typologiques autour des configurations structurelles et fonctionnelles des espaces bâtis. L'auteur a en outre développé des outils de simulation à partir de pages génériques. L'outil est toujours développé avec l'outil Excel et sa généricité et sa réutilisabilité posent encore de problème parce que pour une nouvelle simulation il faut toujours reconcevoir les pages génériques, et même pour passer des pages génériques aux différentes pages de l'outil, il reste toujours des modifications conséquentes à faire.

IV.2.2. Objectif

L'objectif fixé est le développement d'un nouvel outil de simulation de flux d'énergie dans le cadre cette recherche en s'appuyant toujours sur une démarche systémique et typologique. Nous apportons une autre approche complémentaire à la démarche systémique et typologique. Il s'agit d'un développement basé sur le concept orienté objet pour permettre à l'outil d'être générique et d'analyser le flux d'énergie de tout type d'espaces bâtis plus facilement sans se soucier de la conception de l'outil.

L'outil évalue de manière globale la consommation énergétique d'un espace bâti. Une évaluation détaillée de la consommation est donnée sur les quatre échelles de temps : l'heure, le jour, le mois et l'année. Un regroupement par poste de consommation permet de connaitre la consommation par type d'appareil. Une récapitulation par espace fonctionnel donne une indication de la consommation énergétique à un niveau d'observation plus concret. L'outil permet la simulation pour tout type d'espaces bâtis quel que soit le secteur d'activité étudié.

L'évaluation du bilan des émissions des GES peut se faire en connaissant les facteurs d'émission des mix de productions énergétiques considérés.

IV.2.3. Modélisation systémique et typologique

Le fonctionnement d'un espace bâti fait intervenir un nombre important de phénomènes en relation avec des multiples actions à différentes échelles de temps et d'espace. L'espace bâti étant considéré comme un système complexe, sa description à différents niveaux d'observation est nécessaire.

La mise en œuvre d'une description à la fois synoptique et systémique des Espaces Bâtis, en relation avec plusieurs niveaux d'observation permet donc de voir d'une façon détaillée la consommation sur plusieurs échelles. Il s'agit des échelles : Espace Bâti, Bâtiment, Espace Fonctionnel, Poste de Consommation énergétique, et Composant ou appareil qui consomme de l'énergie. La Figure IV-2 explicite cette description [60].

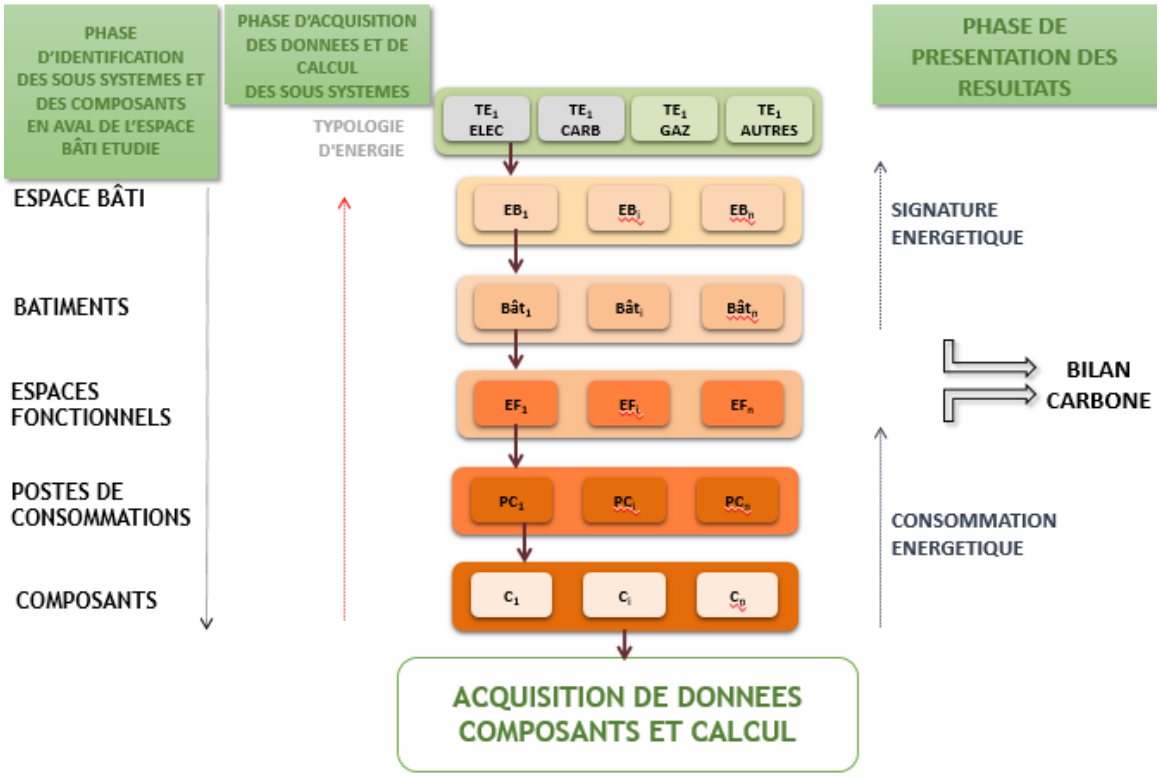


Figure IV-2 : Représentation synoptique et systémique de l'évaluation de la consommation

(Source RAKOTONARIVO N.)

Après une phase d'identification des sous-systèmes observés dans un espace bâti (Bâtiment, Espace fonctionnel, poste de consommation) et des composants, une acquisition des données est réalisée à cette échelle élémentaire à partir des données

techniques, des facteurs d'usage et des facteurs de pondération. Des calculs de consommation d'énergie électrique sont alors effectués à l'échelle des postes de consommation, des espaces fonctionnels, des bâtiments et de l'ensemble des espaces bâtis

IV.2.3.1 Phase d'identification

Cette phase permet d'identifier les différentes entités composant un Espace Bâti. En effet, l'évaluation de la consommation d'énergie électrique d'un espace bâti nécessite la connaissance de la consommation de ses sous-ensembles [70] [71].

a. Espace Bâti

Un espace bâti regroupe un ensemble de bâtiments d'un secteur d'activité donné. C'est l'entité d'étude qui mène à des analyses globales. Plusieurs types d'entités peuvent se retrouver derrière ce vocable : une école, une administration ou une infrastructure de sport ou de loisir, une exploitation agricole, une habitation ou encore un lieu de culte.

b. Bâtiment

Un Bâtiment distingue les types d'activités dans l'Espace Bâti. Il est constitué d'un ensemble d'espaces fonctionnels dans lesquels seront effectuées des opérations bien caractéristiques du fonctionnement de l'Espace Bâti. Ce niveau d'observation ne sera pas considéré dans le cas où l'Espace Bâti ne comporterait qu'un seul bâtiment.

c. Espace fonctionnel

Un Espace Fonctionnel représente l'ultime élément de description de la structure d'un espace bâti. A ce stade, les descriptions seront définies comme des descriptions fonctionnelles. Une salle de cous, une chambre, un bureau peuvent être considérés comme un Espace Fonctionnel.

d. Poste de consommation

Les postes de consommation des flux énergétiques permettent de connaitre le type de consommation réalisé dans un Espace Fonctionnel. L'outil permettra une spécification par espace fonctionnel. Au niveau des secteurs habitat et tertiaire, on retrouve les

postes de consommation tels qu'éclairage, électroménager, confort thermique, cuisson, bureautique, conservation, multimédia, nettoyage. Dans d'autres secteurs, on peut retrouver d'autres postes de consommation spécifiques [72] [73].

e. Composant

Pour chaque poste de consommation énergétique, on définit l'ensemble des appareils qui lui sont associés. Tous les composants ayant une même puissance et un même profil horaire d'utilisation seront comptabilisés de manière associée comme un groupe de composants.

C'est au niveau d'un composant que se fait l'acquisition de données de base et de calcul qui permettront de préciser sur une journée type d'un mois de l'année la consommation énergétique pour être ensuite extrapolée au niveau de chaque mois de l'année.

IV.2.3.2 Phase d'acquisition de données et de calcul

Nous nous inspirons des travaux de [74] [75] [76] pour la phase d'identification, la phase d'acquisition de données et de calcul.

a. Caractérisation des composants

L'acquisition de données de base s'effectue au niveau des composants. Le nombre Nbc représente la quantité d'appareils ayant les mêmes caractéristiques de fonctionnement. La puissance P, exprimé en [W], détermine la puissance active du composant à étudier.

La connaissance de la durée d'utilisation horaire (DUH) de chaque composant constitue le profil d'utilisation journalier. Pour chaque tranche horaire d'une journée type, on détermine le nombre de minutes durant lesquelles le composant est opérationnel. Dans certain cas la DUH peut être très aléatoire, dans d'autres cas mieux appréhendable à l'aide de plusieurs méthodes :

- La première méthode repose sur un recensement sur une journée type des caractéristiques de fonctionnement au niveau des appareils et passe nécessairement par une enquête sur l'utilisation de chaque appareil de chaque poste de consommation pour des Espaces Fonctionnels types et des Bâtiments type des Espaces Bâtis.

- La deuxième méthode repose sur des simulations à partir d'outils de modélisation tels que « Energie + », « DIALUX », « WEATHER TOOL ». Ces simulations peuvent donner à l'échelle horaire sur une journée type les besoins en climatisation, en éclairage. Ce scénario peut être le scénario le plus crédible dans une démarche de conception ou de dimensionnement.

- La troisième méthode peut se considérer à partir d'approches expérimentales ou de relevés en ligne dans le cas de Bâtiment disposant d'une Gestion Technique Centralisée (GTC) qui permet de concilier une automatisation de certaines actions en vue de réaliser des économies d'énergie, comme par exemple la programmation horaire de l'éclairage ou de dispositifs associés aux réseaux SMART GRID. C'est le scénario le plus intéressant dans toute démarche de diagnostic énergétique.

Une combinaison de ces différentes méthodes peut être envisagée de manière pertinente. Les situations de fonctionnement des Espaces Bâtis sont en effet très complexes, notamment au niveau du secteur de l'habitat et pour certains Espaces Bâtis du secteur Tertiaire.

Le nombre de jours d'utilisation par mois (JUM) constitue la base pour l'extrapolation de la consommation mensuelle et annuelle. Pour le secteur de l'habitat, il correspond au nombre total de jours par mois, tandis que pour le secteur tertiaire, il s'agit du nombre des jours ouvrables par mois. A cela s'ajoute aussi le coefficient de pondération mensuel (CPM) permettant d'extrapoler les consommations énergétiques de la journée type aux autres jours de l'année.

Pour une alimentation triphasée, la répartition des charges entre les phases est plus que nécessaire pour le bon fonctionnement de l'ensemble des installations. Ainsi, la dernière information nécessaire à la simulation consiste à renseigner la phase à laquelle est branché un équipement.

b. Calcul au niveau des composants

La première étape du calcul consiste à déterminer la puissance totale d'un groupe d'appareil ayant les mêmes caractéristiques de fonctionnement. Cette puissance notée $Pcomp$ est déterminée par la formule :

$$Pcomp = P.Ncomp \qquad (IV\text{-}1)$$

où P : Puissance d'un appareil exprimée en [W]

$Ncomp$: Nombre de composant identique

L'étape suivante est le calcul de la durée totale d'utilisation journalière (DUJ) donnée par la formule :

$$DUJ = \sum_{h=1}^{24} \frac{DUH(h)}{60} \qquad (IV\text{-}2)$$

où DUH : Durée d'utilisation horaire exprimée en [mn]

La consommation horaire d'un composant $[CH_{Comp}]$ sous forme vectorielle est exprimée par la formule :

$$[CH_{Comp}] = \frac{Pcomp}{60000}[DUH] \qquad (IV\text{-}3)$$

La consommation journalière d'un composant CJ_{comp} est calculée par :

$$CJ_{comp} = \sum_{h=1}^{24} CH_{comp}(h) \qquad (IV\text{-}4)$$

A partir du nombre de jours d'utilisation par mois JUM et du coefficient de pondération mensuel CPM, la consommation mensuelle d'un composant CM_{comp} est calculée par la relation :

$$CM_{comp} = CJ_{comp} \,.JUM\,.CPM \qquad (IV\text{-}5)$$

Connaissant la consommation mensuelle donnée par l'équation (IV-5), la consommation annuelle d'un composant CA_{comp} est obtenue par l'expression (IV-6) :

$$CA_{comp} = \sum_{m=1}^{12} CM_{comp}(m) \qquad \textit{(IV-6)}$$

La mise en œuvre du bilan des émissions de GES BC_{comp} associé à la consommation énergétique est déterminée par le produit de la consommation annuelle d'un composant et le facteur d'émission FE [6] qui correspond au kg équivalent carbone par kWh consommé.

$$BC_{comp} = CA_{comp} \,.\, FE \qquad \textit{(IV-7)}$$

Le facteur d'émission dépend des sources énergétiques utilisées. L'ADEME a défini divers types de facteurs. L'outil GEMIS permet de déterminer ce facteur en fonction du mix énergétique d'un pays ou d'une région.

La dernière étape de calcul consiste à estimer le coût de la consommation annuelle d'un composant par le produit de la consommation et le coût moyen unitaire CMU de 1 kWh qui intègre plusieurs paramètres en fonction des règles de facturation.

$$CoA_{comp} = CA_{comp} \,.\, CMU \qquad \textit{(IV-8)}$$

c. Calcul au niveau des postes de consommation

La consommation horaire d'une poste de consommation à n composant CH_{PC} s'obtient en faisant la somme de la consommation horaire CH_{Comp} de chaque composant de la PC considérée.

$$[CH_{PC}] = \sum_{i=1}^{n} [CH_{comp\,i}] \qquad \textit{(IV-9)}$$

La consommation journalière d'une poste de consommation CJ_{PC} s'obtient en faisant la somme de la consommation horaire de l'équation (IV-9).

$$CJ_{PC} = \sum_{h=1}^{24} CH_{PC}(h) \qquad \textit{(IV-10)}$$

La consommation mensuelle d'une poste de consommation CM_{PC} est calculée par la relation :

$$CM_{PC} = \sum_{i=1}^{n} CM_{comp}(i) \qquad \textit{(IV-11)}$$

Connaissant la consommation mensuelle par l'équation (IV-11), la consommation annuelle d'un composant CA_{PC} est obtenue par :

$$CA_{PC} = \sum_{m=1}^{12} CM_{PC}(m) \qquad \textit{(IV-12)}$$

Le bilan des émissions de GES BC_{PC} associé à la consommation énergétique d'une poste de consommation est déterminé par la somme du bilan des émissions BC_{comp} de l'équation (IV-7) de tous les composants regroupés dans ce poste.

$$BC_{PC} = \sum_{i=1}^{n} BC_{comp}(i) \qquad \textit{(IV-13)}$$

Le coût annuel de la consommation d'un poste de consommation est donné par la somme

$$CoA_{PC} = \sum_{i=1}^{n} CoA_{comp}\ (i) \qquad \textit{(IV-14)}$$

Pour le bilan de puissance, la somme P_{PC} indique la puissance totale des composants regroupés dans un poste de consommation

$$P_{PC} = \sum_{i=1}^{n} P_{comp}\,(i) \qquad \textit{(IV-15)}$$

Le profil de charge par phase consiste à déterminer la puissance totale des charges branchées sur chacune des phases.

$$[P_{PCp}] = \begin{bmatrix} P_{p1} \\ P_{p2} \\ P_{p3} \end{bmatrix} \qquad \textit{(IV-16)}$$

où P_{pi} : somme des puissances des composants branchés sur la phase$i$

d. Calcul au niveau des espaces fonctionnels

La consommation horaire d'un espace fonctionnel à n postes de consommation CH_{EF} s'obtient en faisant la somme de la consommation horaire CH_{PC} de chacune de ces postes

$$[CH_{EF}] = \sum_{i=1}^{n} [CH_{PCi}] \qquad \textit{(IV-17)}$$

La consommation journalière d'un espace fonctionnel CJ_{EF} s'obtient en faisant la somme de la consommation horaire de l'équation (IV-17).

$$CJ_{EF} = \sum_{h=1}^{24} CH_{EF}(h) \qquad \textit{(IV-18)}$$

La consommation mensuelle d'un espace fonctionnel CM_{EF} est calculée par la relation :

$$CM_{EF} = \sum_{i=1}^{n} CM_{PC}(i) \qquad \textit{(IV-19)}$$

De l'équation (IV-19), la consommation annuelle d'un espace fonctionnel CA_{EF} est obtenue par la somme suivante :

$$CA_{EF} = \sum_{m=1}^{12} CM_{EF}(m) \qquad \textit{(IV-20)}$$

Le bilan des émissions de GES BC_{EF} associé à la consommation énergétique d'un espace fonctionnel est déterminé par la somme du bilan des émissions BC_{PC} de l'équation (IV-13) de tous les postes de consommation de cet espace.

$$BC_{EF} = \sum_{i=1}^{n} BC_{PC}(i) \qquad \textit{(IV-21)}$$

Le coût annuel de la consommation d'un espace fonctionnel est donné par la relation

$$CoA_{EF} = \sum_{i=1}^{n} CoA_{PC}\ (i) \qquad \textit{(IV-22)}$$

La puissance totale P_{EF} donne la puissance totale des composants à l'intérieur d'un espace fonctionnel

$$P_{EF} = \sum_{i=1}^{n} P_{PC}\ (i) \qquad \textit{(IV-23)}$$

Le profil de charge par phase consiste à déterminer la puissance totale des charges branchées sur chacune des phases.

$$[P_{EFp}] = \sum_{i=1}^{n} [P_{PCp\ i}] \qquad \textit{(IV-24)}$$

La dernière étape de calcul au niveau d'un espace fonctionnel revient à faire une récapitulation de la consommation journalière, de la consommation annuelle, du bilan des émissions de GES et du coût annuel par poste de consommation.

e. Calcul au niveau des bâtiments

La consommation horaire d'un Bâtiment à n espaces fonctionnels CH_B s'obtient en faisant la somme de la consommation horaire CH_{EF} de chacun de ses espaces fonctionnels

$$[CH_B] = \sum_{i=1}^{n} [CH_{EF\,i}] \qquad \textit{(IV-25)}$$

La consommation journalière d'un Bâtiment CJ_B s'obtient en faisant la somme de la consommation horaire de l'équation (IV-25).

$$CJ_B = \sum_{h=1}^{24} CH_B(h) \qquad \textit{(IV-26)}$$

La consommation mensuelle d'un Bâtiment CM_B est calculée par la relation :

$$CM_B = \sum_{i=1}^{n} CM_{EF}(i) \qquad \textit{(IV-27)}$$

De l'équation (IV-27), la consommation annuelle d'un Bâtiment CA_B est obtenue par la relation suivante :

$$CA_B = \sum_{m=1}^{12} CM_{SEB}(m) \qquad \textit{(IV-28)}$$

Le bilan des émissions de GES BC_B associé à la consommation énergétique d'un Bâtiment est déterminé par la somme du bilan des émissions BC_{EF} de l'équation (IV-21) de tous ses espaces fonctionnels.

$$BC_B = \sum_{i=1}^{n} BC_{EF}(i) \qquad \textit{(IV-29)}$$

Le coût annuel de la consommation d'un Bâtiment est donné par la relation

$$CoA_B = \sum_{i=1}^{n} CoA_{EF}\ (i) \qquad \textit{(IV-30)}$$

La puissance totale P_B donne la puissance totale des composants à l'intérieur d'un Bâtiment

$$P_B = \sum_{i=1}^{n} P_{EF}\ (i) \qquad \textit{(IV-31)}$$

Le profil de charge par phase consiste à déterminer la puissance totale des charges branchées sur chacune des phases. A partir de l'équation (IV-24), on fait la relation :

$$[P_{Bp}] = \sum_{i=1}^{n} [P_{EFp\ i}] \qquad \textit{(IV-32)}$$

La dernière étape de calcul au niveau d'un Bâtiment revient à faire une récapitulation de la consommation journalière, de la consommation annuelle, du bilan des émissions et du coût annuel par poste de consommation et aussi par espace fonctionnel. Cette récapitulation va permettre une analyse sur plusieurs niveaux d'observations.

f. Calcul au niveau de l'Espace Bâti

L'Espace bâti étant le niveau supérieur de la démarche, les résultats des calculs doivent permettre d'analyser son comportement énergétique.

La consommation horaire de l'Espace Bâti à n Bâtiments CH_{EB} s'obtient en faisant la somme de la consommation horaire CH_B de chacun de ses bâtiments :

$$[CH_{EB}] = \sum_{i=1}^{n} [CH_{B\ i}] \qquad \textit{(IV-33)}$$

La consommation journalière de l'Espace Bâti CJ_{EB} s'obtient en faisant la somme de la consommation horaire de l'équation (IV-33).

$$CJ_{EB} = \sum_{h=1}^{24} CH_{EB}(h) \qquad \textit{(IV-34)}$$

La consommation mensuelle de l'Espace Bâti CM_{EB} est calculée par la relation :

$$CM_{EB} = \sum_{i=1}^{n} CM_B(i) \qquad \textit{(IV-35)}$$

De l'équation (IV-35), la consommation annuelle de l'Espace Bâti CA_{EB} est obtenue par la relation :

$$CA_{EB} = \sum_{m=1}^{12} CM_{EB}(m) \qquad \textit{(IV-36)}$$

Le bilan des émissions de CO_2 BC_{EB} associé à la consommation énergétique de l'Espace Bâti est déterminé par la somme du bilan des émissions BC_B de l'équation (IV-29) de tous ses sous espaces bâtis :

$$BC_{EB} = \sum_{i=1}^{n} BC_B(i) \qquad \textit{(IV-37)}$$

Le coût annuel de la consommation de l'Espace Bâti est donné par la somme

$$CoA_{EB} = \sum_{i=1}^{n} CoA_B\ (i) \qquad \textit{(IV-38)}$$

La puissance totale P_{EB} donne la puissance totale des composants de l'espace bâti

$$P_{EB} = \sum_{i=1}^{n} P_B\ (i) \qquad \textit{(IV-39)}$$

Le profil de charge par phase consiste à déterminer la puissance totale des charges branchées sur chacune des phases. A partir de l'équation (IV-32), on fait la somme suivante :

$$[P_{EBp}] = \sum_{i=1}^{n} [P_{Bp\,i}] \qquad \textit{(IV-40)}$$

La dernière étape de calcul au niveau de l'Espace Bâti revient à faire une récapitulation de la consommation journalière, de la consommation annuelle, du bilan des émissions de GES et du coût annuel par poste de consommation, par espace fonctionnel et par bâtiment. Cette récapitulation va permettre une analyse sur plusieurs niveaux d'observations.

IV.2.4. Modélisation et conception orientée Objet

Dans cette section, nous présentons la modélisation par approche orientée objet de l'outil d'analyse de flux d'énergie. Cette approche va permettre une meilleure organisation du programme.

IV.2.4.1 Diagramme de Classes

Comme dans la modélisation de l'outil de flux matière, nous ne considérons que le diagramme de classe d'UML[29] pour cette analyse de flux d'énergie.

L'outil d'analyse est conçu avec 5 classes. Ces classes correspondent en premier lieu, aux descriptions spatiale et fonctionnelle d'un espace bâti : l'EB, le Bâtiment et ses EF. Ensuite, il y a les postes de consommation et les composants qui forment 2 classes. La relation d'agrégation est de mise dans la conception de l'outil. En effet, les variables d'instance d'une classe de niveau supérieur sont du type de la classe de niveau inférieur. Par exemple, un espace fonctionnel est formé par des postes de consommation et une poste de consommation est formée par des composants.

La Figure IV-3 illustre le diagramme de classe pour l'outil d'analyse de flux d'énergie. Les cinq niveaux d'observations spatiales sont considérés comme des classes reliées entre elles par des associations d'agrégation. Les règles de conception sont :

- un composant appartient à un poste de consommation, un poste de consommation peut contenir plusieurs composants ;

[29] Unified Modeling Language

- un poste de consommation appartient à un espace fonctionnel, un espace fonctionnel peut contenir plusieurs postes de consommation ;
- un espace fonctionnel appartient à un bâtiment, un bâtiment peut contenir plusieurs espaces fonctionnels ;
- un bâtiment appartient à un espace bâti, un espace bâti peut contenir plusieurs bâtiments.

Sur cette modélisation, l'indentification et la caractérisation des systèmes commencent au niveau de l'Espace Bâti. On commence donc par donner un nom à l'EB. Puis, il faut identifier et caractériser les Bâtiments associés à l'EB. Pour chaque Bâtiment identifié, il faut ensuite procéder à l'identification de ses espaces fonctionnels. A ce stade la description spatiale et fonctionnelle est faite pour le EB. Il faut continuer l'identification et caractérisation par les postes de consommation PC et les Composants. C'est au niveau des Composants qu'il faut renseigner les informations détaillées pour l'élaboration de l'analyse. Il s'agit des informations concernant la puissance, le nombre, le profil d'utilisation pour une journée type, le nombre de jour d'utilisation mensuelle et le coefficient de pondération mensuelle de chaque composant.

Une fois les données au niveau des produits renseignés, la phase de calcul est exécutée en même temps pour toutes les classes. La phase de présentation des résultats ne pose pas de problème particulier. En effet, la visualisation des résultats peut se faire sur n'importe quelle classe. On peut voir par exemple directement les résultats au niveau du bâtiment sans passer par les résultats des autres systèmes.

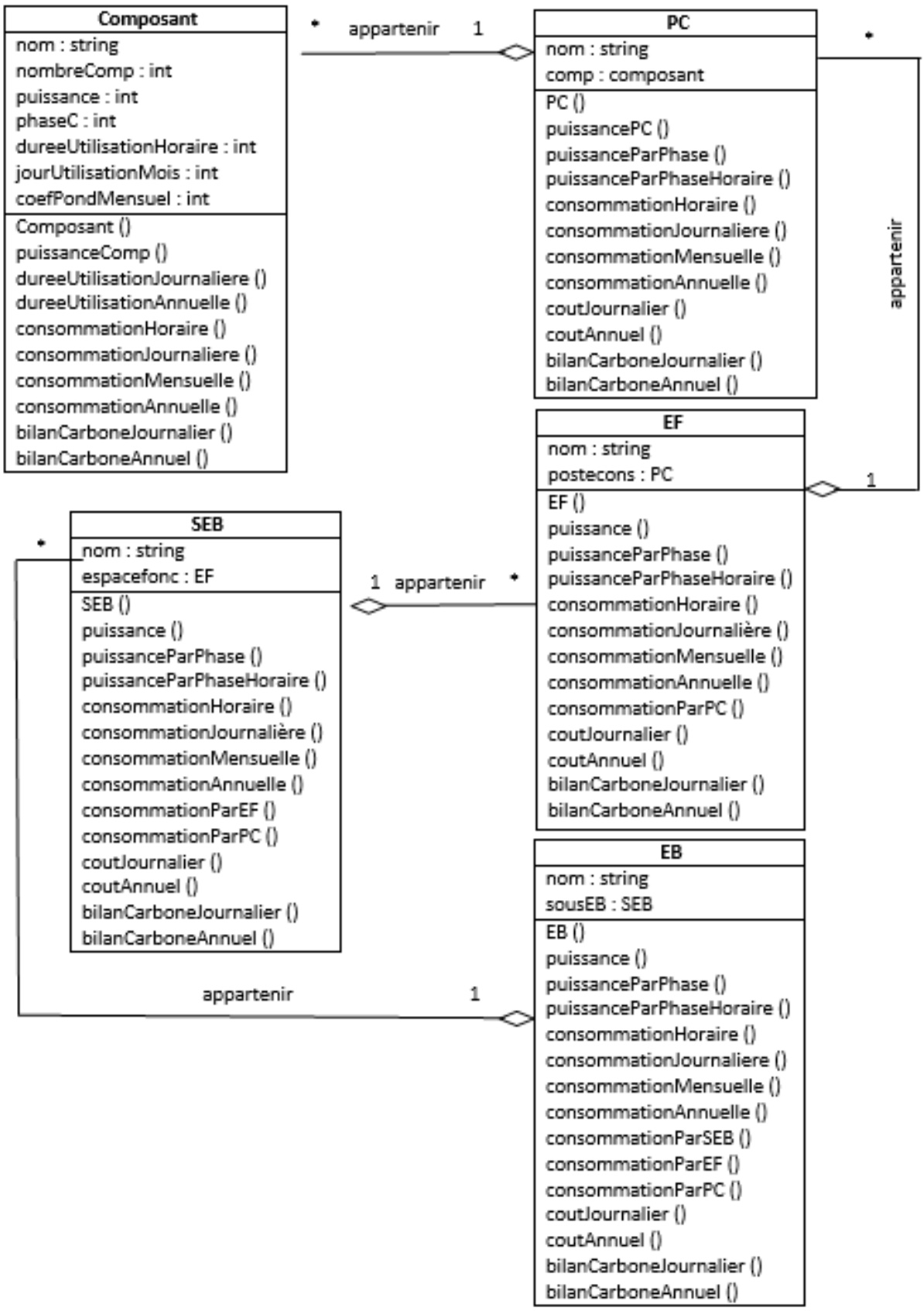


Figure IV-3 : Diagramme de classe de la conception

IV.2.5. Développement de l'outil avec Matlab

L'outil de simulation est développé à l'aide de MATLAB qui présente des atouts considérables : la possibilité de la programmation orientée objet, la possibilité de la création des interfaces graphiques et la facilité des calculs matriciels. MATLAB permet aussi de créer une application autonome.

IV.2.5.1 Création des classes

La première étape du développement consiste à la création des classes. Comme illustrée sur la Figure IV-3, il y a en tout 5 classes. Il s'agit des classes Composant, Poste de consommation, Espace Fonctionnel, Bâtiment et Espace Bâti. Chaque classe est composée de leurs propriétés et leurs méthodes conformément à tout ce qui est développé dans le paragraphe phase d'acquisition de donnée et de calcul.

En partant du diagramme de classe, on commence par créer la classe Composant. Il s'agit de définir la classe, de déclarer les propriétés et d'écrire les méthodes associées à la classe. La Figure IV-4 montre un extrait de la classe Composant.

```
classdef CComposant
properties
quantite=0;
phase=0;
puissance=0;
profilJ=zeros(24,1);
coefUtilisationM=ones(12,1);
jourspM=zeros(12,1);
equiCO2=0.216;
nom;
end
methods
   function obj= Composant(nom)
        obj.nom=nom;
    end
    function d=calculPuissance(obj)
        d=obj.puissance*obj.quantite/1000;
    end
```

Figure IV-4 : Extrait de la classe Composant

Une fois la classe créée, il faut toujours procéder à un test pour vérifier si la classe réponde aux attentes. La création de classe commence par la classe Composant et se termine par la classe Espace Bâti.

IV.2.5.2 Création des interfaces

Après la vérification des codes de calculs pour toutes les classes, on passe à la réalisation des interfaces qui vont permettre la saisie des données et l'affichage des résultats. Nous avons utilisé l'outil GUIDE de MATAB qui permet de créer facilement des interfaces graphiques qui peuvent être reliées aux classes préalablement définies. Les interfaces de l'outil devraient permettre de considérer les étapes liées à l'ACV [77].

a. Fenêtre principale et paramétrage du site

La Figure IV-5 illustre la fenêtre principale et le paramétrage du site. La fenêtre comporte une barre de menu et une barre d'outils permettant d'utiliser convenablement l'outil. Ces objets peuvent être utilisés aussi bien durant la phase d'identification et d'acquisition des données que durant la phase de présentation des résultats. Le paramétrage du site consiste à informer l'outil des données de base pour le calcul du coût de la consommation et du bilan des émissions de GES. En effet, ces données sont spécifiques pour chaque site.

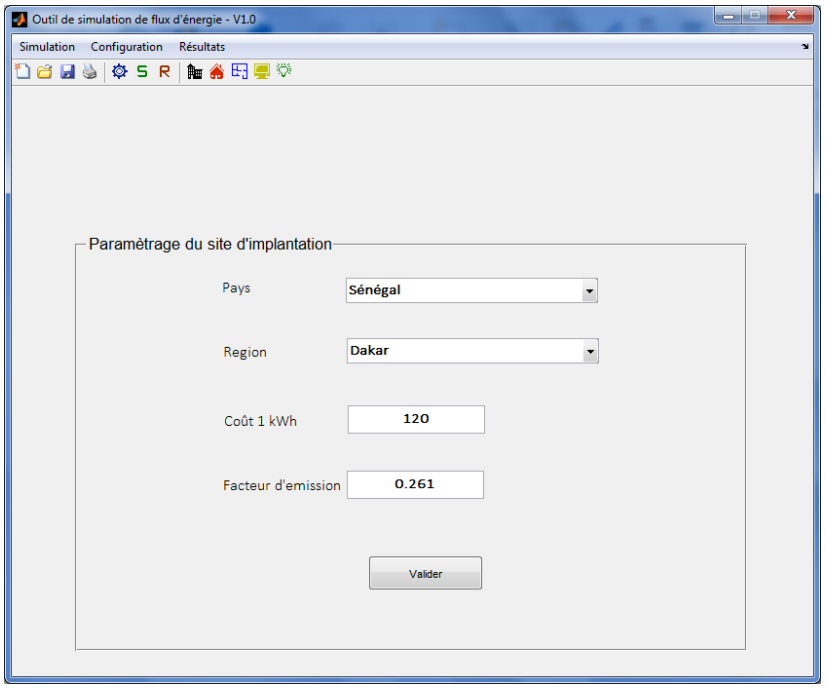


Figure IV-5 : Fenêtre principale et paramétrage du site

b. Indentification des sous-systèmes

Après avoir introduit le nom de l'espace bâti, la Figure IV-6 représente la phase d'identification et de saisie de ses différents sous-systèmes. C'est une représentation

dynamique de l'espace bâti étudié. En effet, les quatre zones affichées représentent respectivement les bâtiments, les espaces fonctionnels, les postes de consommation et les composants. Une sélection d'un élément d'une classe affiche les autres éléments correspondants à cet élément dans les autres classes qui lui sont hiérarchiquement inférieures. Les sous-systèmes sont identifiés en commençant par le niveau supérieur vers le niveau inférieur.

Par exemple, en cliquant sur un Sous Espace Bâti (Bâtiment) indiqué par le repère 1 sur la Figure IV-6, nous obtenons la liste (repère 2) des Espaces Fonctionnels qui sont associés à ce Bâtiment. De même, en cliquant sur un Espace Fonctionnel on retrouve les Postes de Consommation (repère 3) recensés dans celui-ci.

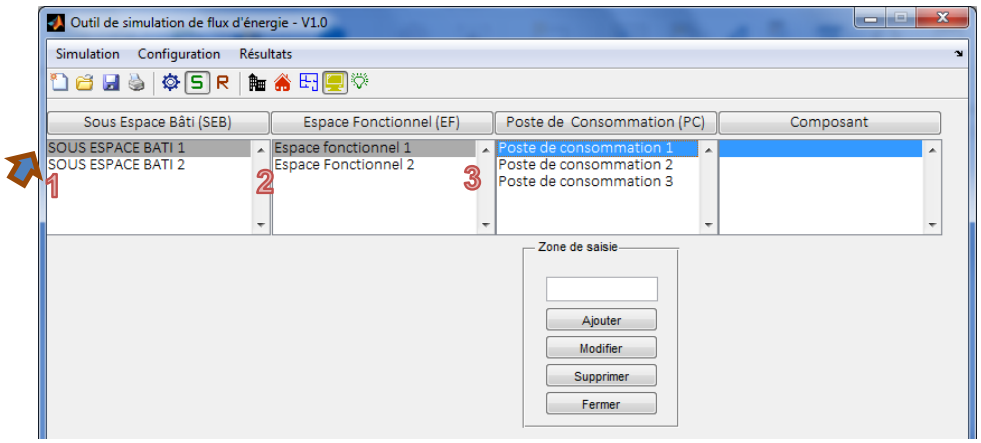


Figure IV-6 : Fenêtre d'identification des sous systèmes

c. Acquisition des données d'un composant

L'identification et la saisie des données caractéristiques d'un composant sont effectuées sur la fenêtre représentée par la Figure IV-7. En cliquant sur un poste de consommation, nous devons commencer par identifier les composants puis renseigner ses caractéristiques (repère 5). Il s'agit là de donner le nombre, la quantité de chaque composant, leur puissance ainsi que leur profil d'utilisation.

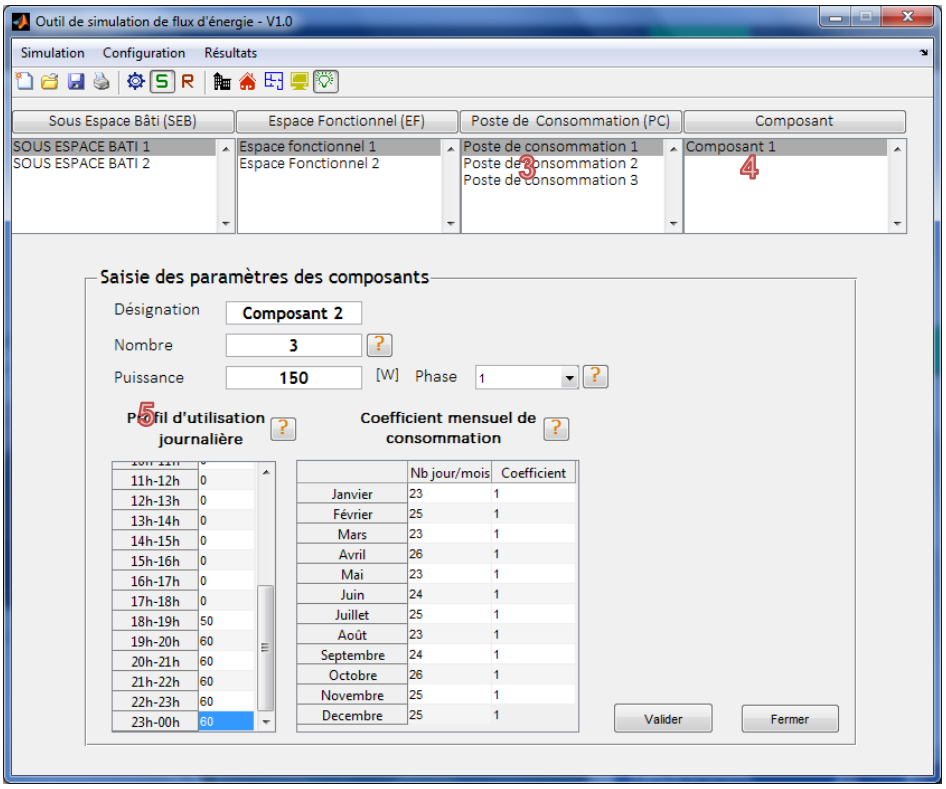


Figure IV-7 : Fenêtre d'acquisition des données d'un composant

Le profil d'utilisation journalière, le nombre de jours par mois et le coefficient de pondération mensuel sont saisis dans des tableaux. Ces données peuvent être ainsi facilement converties en vecteur et leurs manipulations dans MATLAB sont aisées.

Le profil d'utilisation journalière sera multiplié par la puissance électrique et le nombre du composant pour déterminer le profil de consommation journalière de chaque composant.

Pour avoir la consommation annuelle du poste de consommation considéré. Il faut considérer comme coefficients multiplicateurs le nombre de jours d'utilisation mensuel ainsi que le coefficient de pondération mensuel d'utilisation du poste de consommation.

d. Présentation des résultats

Contrairement à la phase d'identification où la saisie doit se faire de manière décroissante, la présentation des résultats peut se faire sur n'importe quel sous-système. Les résultats sont présentés à la fois sous forme numérique et graphique. Cette dernière étant plus lisible et beaucoup plus signification. Dans ce manuscrit seuls

les résultats globaux, c'est-à-dire les résultats relatifs à l'espace bâti, sont présentés. En effet, les résultats pour les autres sous-systèmes sont présentés de la même façon que les résultats de l'espace bâti.

La consommation horaire et la consommation journalière de l'espace bâti sont illustrées sur la Figure IV-8. Sur cette même figure se trouve l'estimation du coût de la consommation journalière et le bilan des émissions de GES journalier de l'espace bâti.

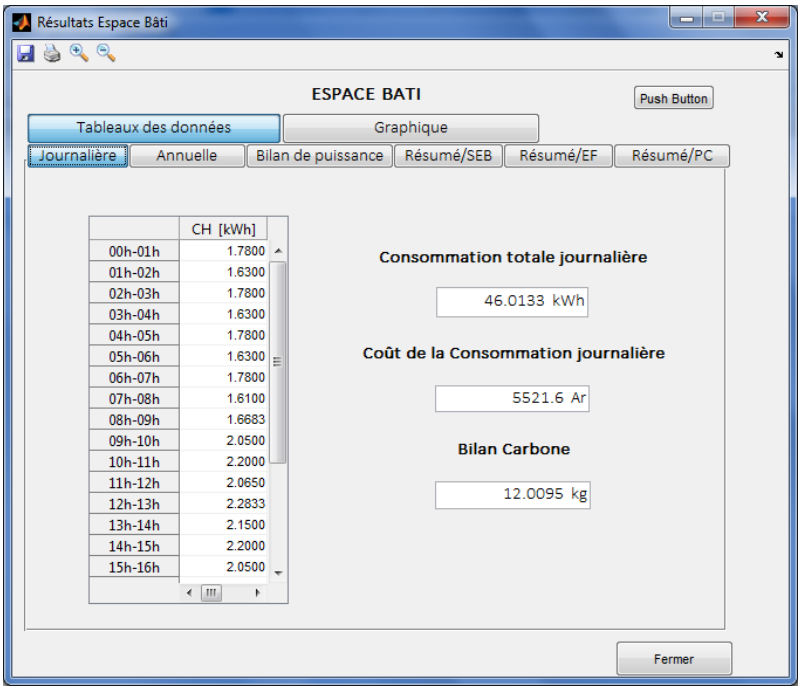


Figure IV-8 : Consommation journalière

Sous la forme graphique, la Figure IV-9 illustre l'évolution de la consommation durant une journée. La courbe présente alors le profil de charge de l'espace bâti.

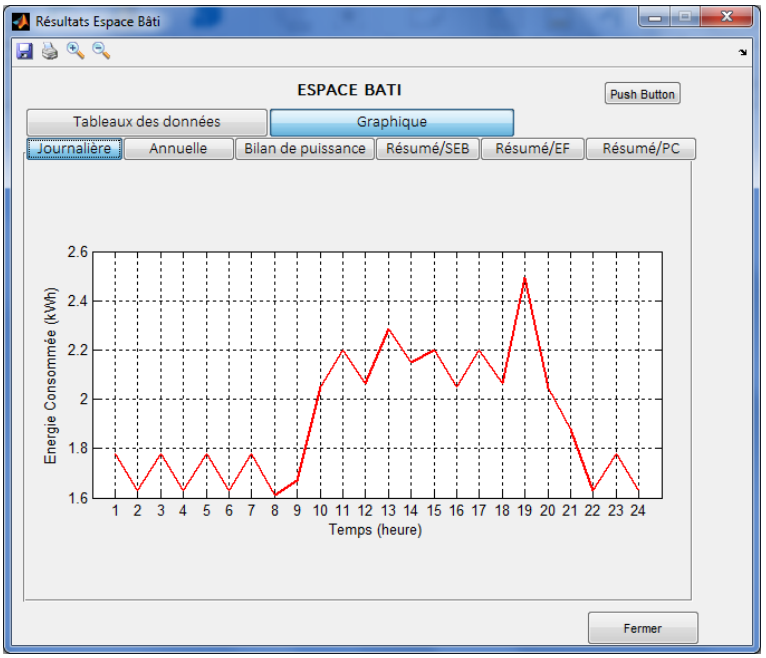
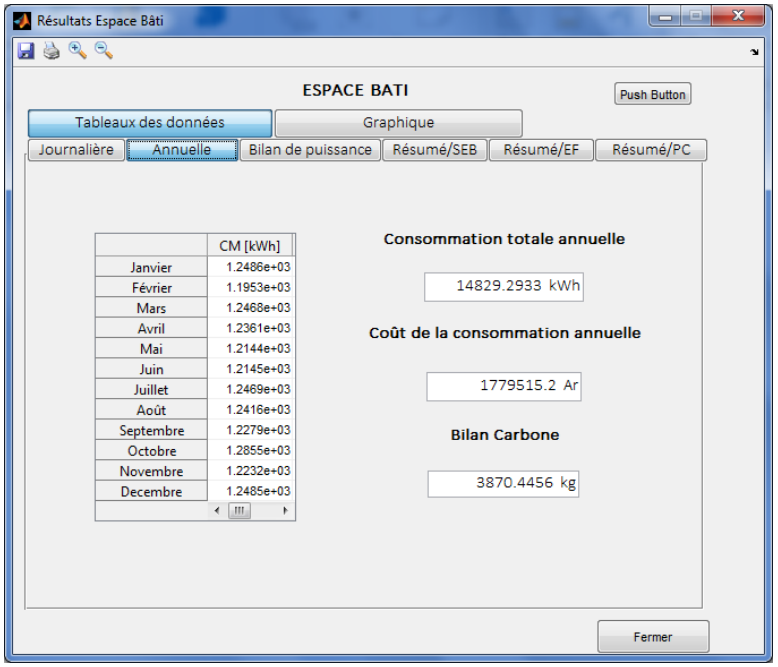


Figure IV-9 : Profil de charge de l'espace bâti

La consommation mensuelle et la consommation annuelle de l'espace bâti sont illustrées ci-après. On trouve également l'estimation du coût de la consommation annuelle et le bilan des émissions de GES correspondant.



La Figure IV-10 représente l'évolution de la consommation annuelle de l'espace bâti.

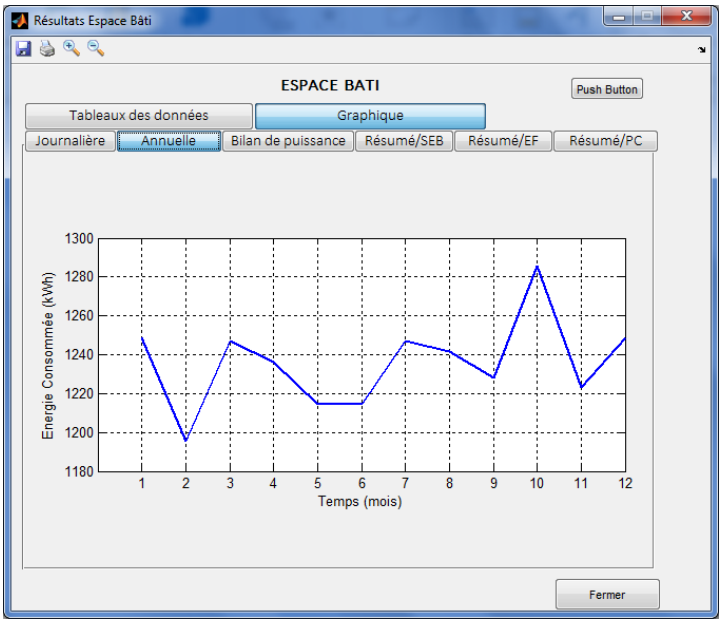


Figure IV-10 : Evolution de la consommation annuelle

Le bilan de puissance ainsi que la répartition des charges par phase sont illustrés par la Figure IV-11. En effet, l'outil permet de voir l'équilibre entre les phases à tout moment et pour chaque type de sous-système considéré. La puissance totale des composants de l'Espace Bâti est aussi donnée. Cela permet de connaître la puissance à souscrire auprès des distributeurs d'électricité ou bien de dimensionner les sources d'énergies indépendantes pour l'Espace Bâti.

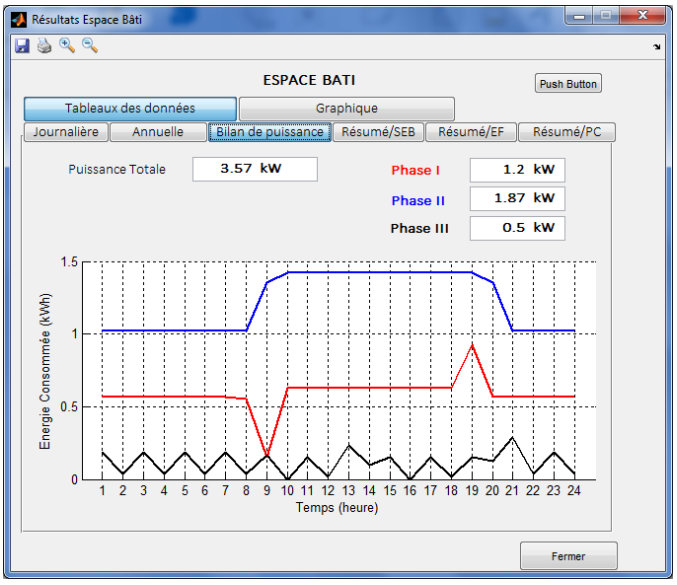
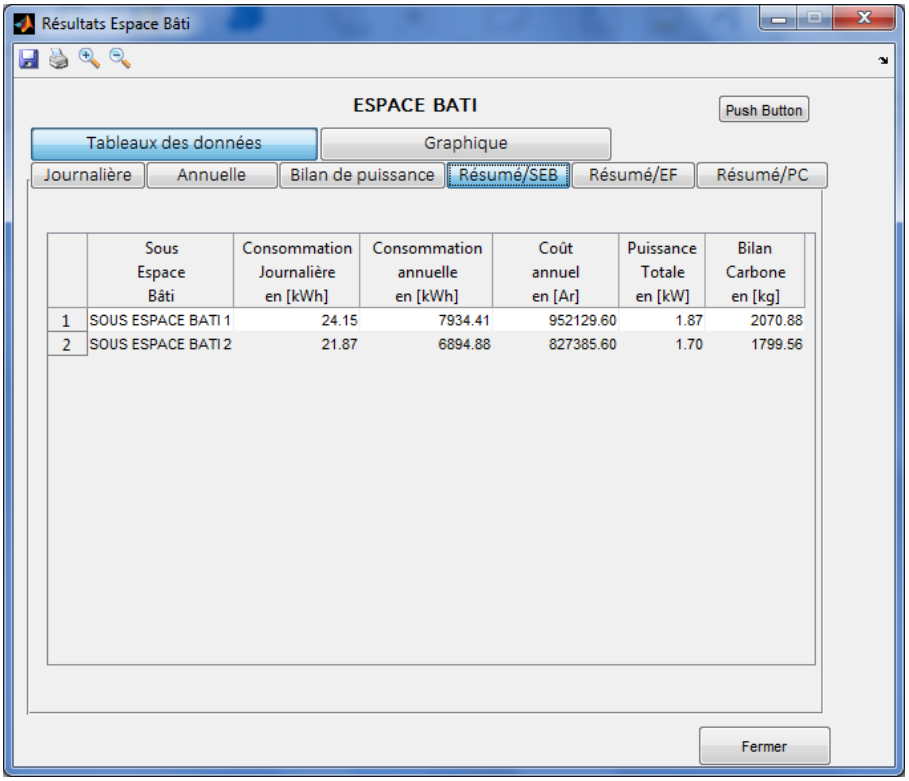


Figure IV-11 : Répartition des charges par phase

Au niveau de l'Espace Bâti, s'il y a plusieurs bâtiments considérés durant la simulation, les résultats de simulation de chaque Bâtiment peuvent être regroupés sur un même tableau. Sur ce tableau illustré sur la Figure IV-12, nous retrouvons la consommation journalière, la consommation annuelle, le coût annuel, le Bilan des émissions ainsi que la puissance totale des composants installés de chaque Bâtiment.



	Sous Espace Bâti	Consommation Journalière en [kWh]	Consommation annuelle en [kWh]	Coût annuel en [Ar]	Puissance Totale en [kW]	Bilan Carbone en [kg]
1	SOUS ESPACE BATI 1	24.15	7934.41	952129.60	1.87	2070.88
2	SOUS ESPACE BATI 2	21.87	6894.88	827385.60	1.70	1799.56

Figure IV-12 : Récapitulation par Sous Espace Bâti (Bâtiment)

La Figure IV-13 illustre la répartition de la consommation par Bâtiment. Le graphique représente alors la signature énergétique par Sous Espace Bâti en termes de consommation d'énergie.

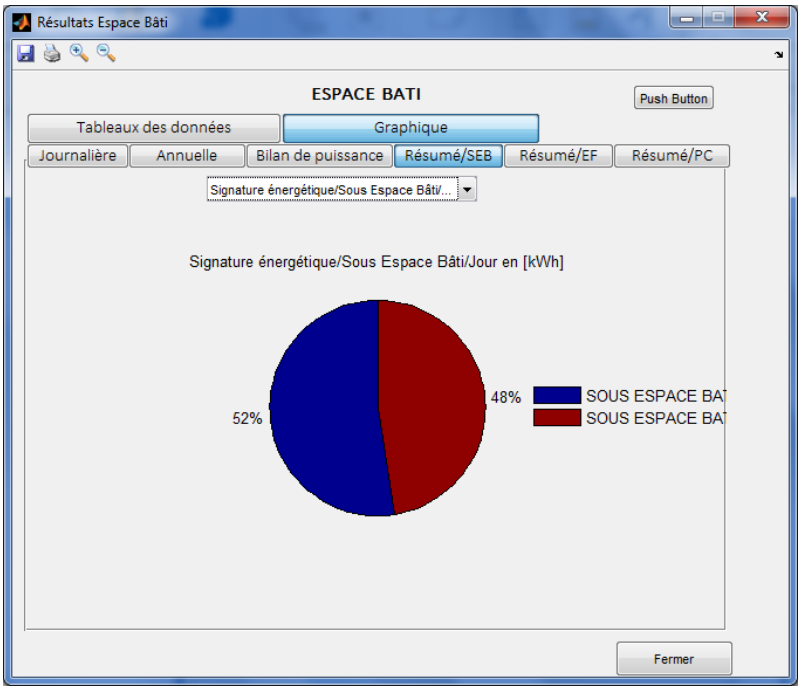


Figure IV-13 : Signature énergétique par Bâtiment

De même, la représentation graphique du bilan des émissions de GES pour chaque Sous Espace Bâti peut être affichée comme illustrée sur la Figure IV-14.

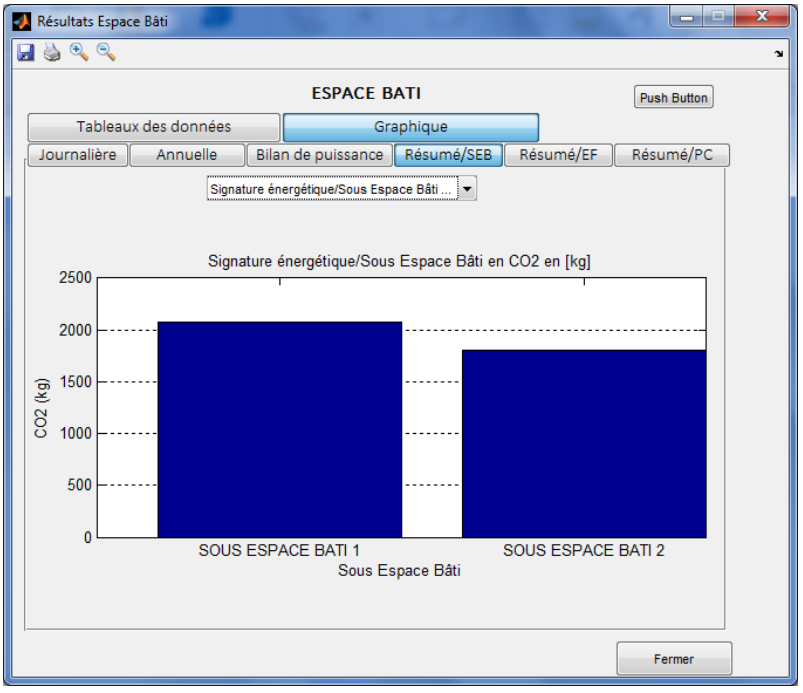


Figure IV-14 : Signature énergétique par Bâtiment en CO_2

Il est aussi possible de sortir sur un même tableau comme illustré sur la Figure IV-15 un récapitulatif des résultats de tous les Espaces Fonctionnels qui constituent

l'Espace Bâti. La consommation annuelle, le coût annuel et le Bilan des émissions de GES sont mentionnés dans ce tableau.

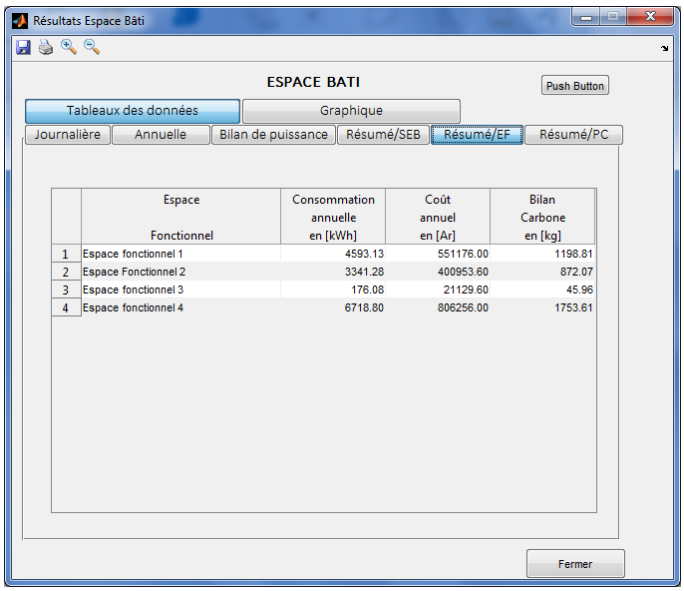


Figure IV-15 : Récapitulation par Espace Fonctionnel

La répartition de la consommation par espace fonctionnel est illustrée par la Figure IV-16. Le graphique montre la signature énergétique par espace fonctionnel en termes d'énergie consommée.

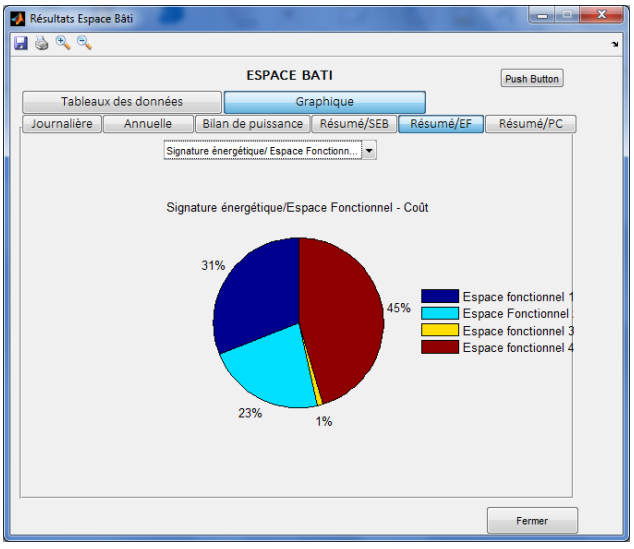


Figure IV-16 : Signature énergétique par Espace Fonctionnel

Le bilan des émissions de GES annuel par Espace fonctionnel est illustré par la Figure IV-17.

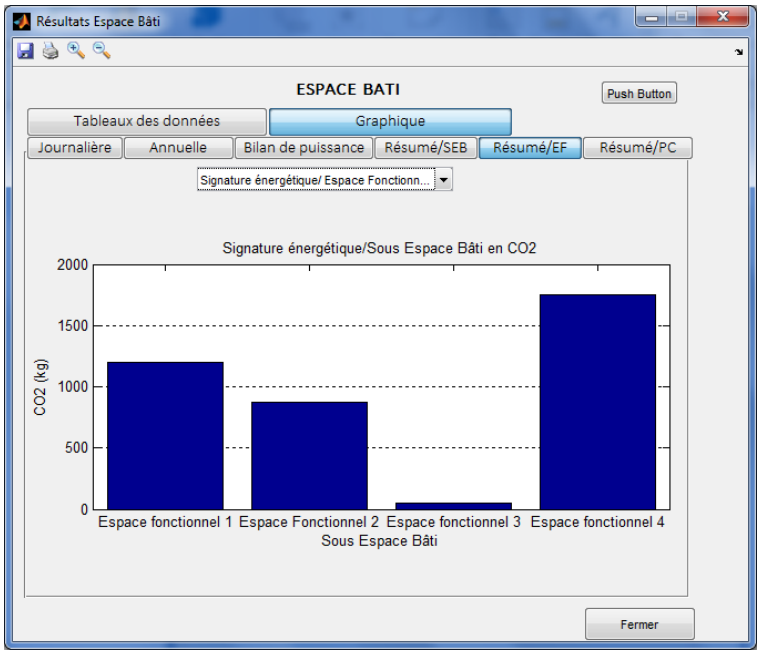


Figure IV-17 : Signature énergétique par Espace Fonctionnel en CO_2

La Figure IV-18 montre les résultats par Poste de Consommation de l'Espace Bâti. L'outil fait un regroupement des résultats pour les Poste de Consommation dont les noms sont identiques. Cela permet de bien cibler l'optimisation à faire après la simulation. Comme pour les autres sous-systèmes, la consommation annuelle, le coût annuel et le bilan des émissions de GES sont mentionnés dans le tableau.

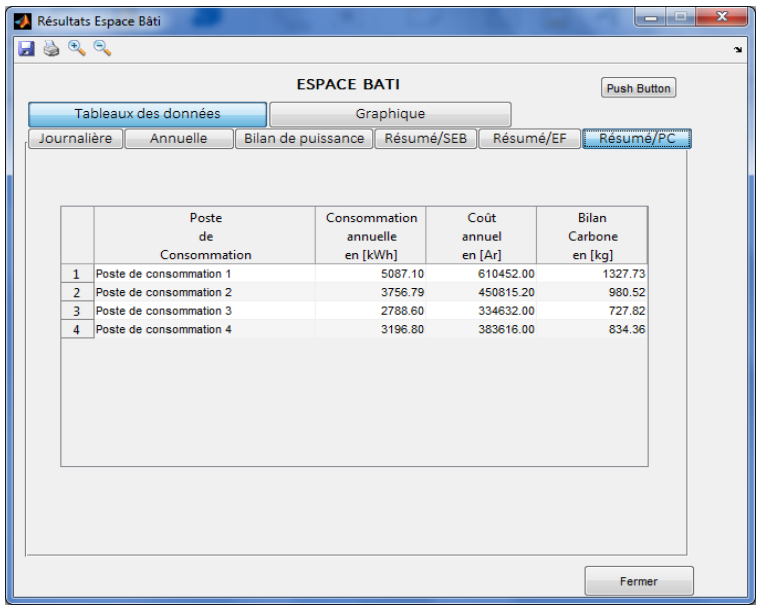


Figure IV-18 : Récapitulation par Poste de Consommation

La répartition groupée de la consommation par Poste de Consommation est illustrée par la Figure IV-19. Le graphique montre la signature énergétique par Poste de Consommation en termes de consommation d'énergie.

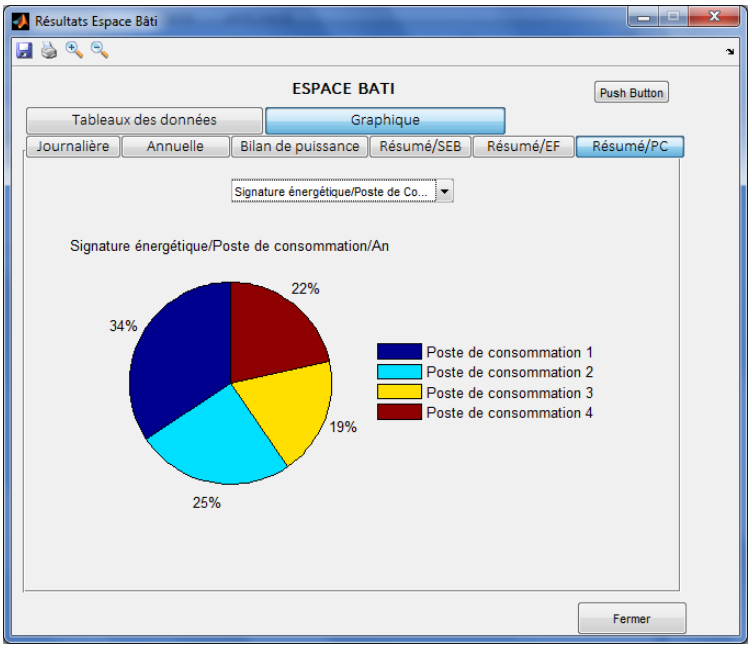


Figure IV-19 : Signature énergétique par Poste de Consommation

La Figure IV-20 montre le Bilan des émissions de GES émis par Poste de Consommation

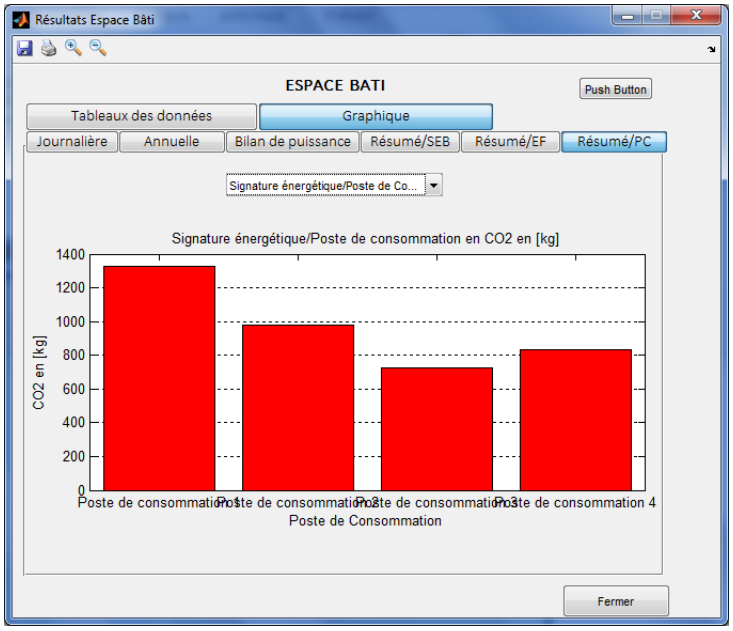


Figure IV-20 : Signature environnementale par Poste de Consommation

Pour les autres sous-systèmes, la présentation des résultats est presque identique que ceux présentés pour l'Espace bâti. Il suffit de sélectionner n'importe quel sous-système pour avoir les résultats correspondants.

L'outil est conçu pour être dynamique. Il permet de simuler un Espace Bâti indépendamment du nombre de sous-systèmes.

IV.2.6. Application de l'analyse de flux d'énergie au bâtiment Master

Le bâtiment d'application choisi est le projet de construction d'un nouveau bâtiment à usage de formation sur le site de l'Université d'Antsiranana.

IV.2.6.1 Production d'électricité mixte d'Antsiranana

Avant de se lancer dans la simulation il est nécessaire de connaitre les données du fonctionnement du réseau électrique d'Antsiranana. Pour de l'année 2016, ces données sont montrées sur le Tableau IV-1.

Tableau IV-1 : Puissance installée et production annuelle des centrales interconnectées

Type	Puissance installée [kW]	Production annuelle [kWh]
Centrale thermique GO	5 300	29 738 512
Centrale thermique HFO	16 500	92 582 160

D'après le tableau, nous constatons que 24 % de l'électricité du réseau d'Antsiranana sont produites à partir des centrales thermiques fonctionnant avec du gas oil et 76 % produites à partir des centrales thermiques fonctionnant avec du fuel lourd.

Dans la suite de cette étude, nous retiendrons ces valeurs pour l'estimation du facteur d'émissions de gaz à effet de serre du Réseau d'Antsiranana.

IV.2.6.2 ACV du Réseau d'Antsiranana

L'étude fait appel à l'ACV des processus, méthode efficace pour évaluer les aspects environnementaux associés aux différentes filières de production d'électricité au cours de leur cycle de vie. De façon générale, cette analyse peut aider à prendre des décisions éclairées concernant le portefeuille énergétique et à améliorer par le fait même sa performance environnementale.

a. Objectifs et du champ de l'étude

Puisque l'objectif de ce paragraphe consiste à déterminer l'émission de gaz à effet de serre du Réseau d'Antsiranana, la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie ne relève pas du champ d'étude. Par ailleurs, l'étude exclut la conversion des émissions en impacts, car il faudrait une énorme quantité de ressources pour évaluer pleinement les impacts complexes et profonds associés à une combinaison donnée d'émissions. C'est pourquoi cette étude couvre toutes les autres phases de l'ACV, mais non l'évaluation de l'impact. Le champ de la présente étude couvre le réseau composé des centrales thermiques fonctionnant avec du gasoil et du fuel lourd.

b. Unité fonctionnelle

L'objectif de l'ACV consiste à estimer l'émission des gaz à effet de serre associés à la production d'un kilowattheure (kWh) d'électricité par les centrales thermiques du réseau d'Antsiranana. A partir de cette unité fonctionnelle, on présente les résultats calculés pour un kWh d'électricité produite et consommée.

c. Frontières et étapes du système

Les étapes du cycle de vie considérée dans cette étude sont limitées par la phase de construction des centrales, la raffinerie des combustibles, le transport par bateau des combustibles, et la phase de production de l'électricité.

d. Présentation des résultats

Comme nous ne disposons pas l'ensemble de données concernant la production d'énergie mixte d'Antsiranana, nous contenterons d'utiliser les bases de données dans le logiciel GEMIS. L'obtention des résultats passe par les étapes suivantes :

✓ Etape 1 : Création des processus

Pour la création des processus, nous avons choisi comme processus, pour les centrales thermiques fonctionnant avec du gasoil le processus « dieselmotor-big-generic », dont les métadonnées modifiées sont récapitulées dans la Figure IV-21.

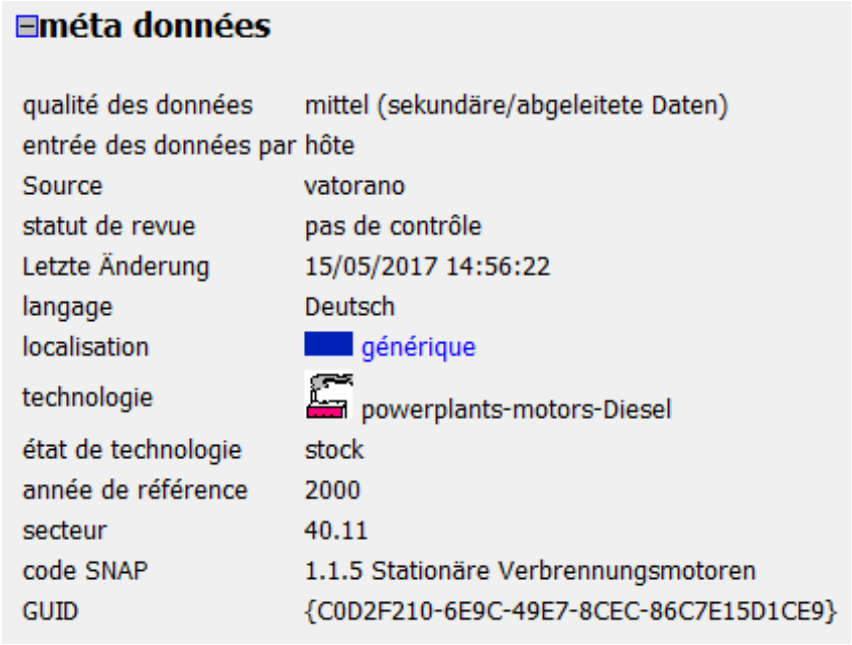


Figure IV-21 : Présentation des méta données de la simulation

A partir de ces métadonnées, nous avons créé 2 processus pour les centrales thermiques du réseau d'Antsiranana. La Figure IV-22 illustre la création des processus pour les centrales thermiques du réseau d'Antsiranana.

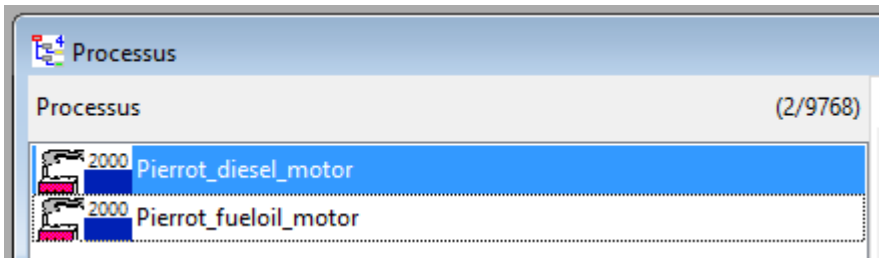


Figure IV-22 : Processus pour les centrales thermiques du réseau d'Antsiranana

Les données de chaque processus sont récapitulées sur la Figure IV-23. Nous retrouvons alors les données de production du réseau d'Antsiranana.

données générales

Puissance	5,3000000 MW
temps d'opération	5,00000*10³ h/a
durée de vie	10,000000 a
Flächeninanspruchnahme	79,500000 m²
Beschäftigte	0,0000000 personnes
rendement réel	37,490000 %
utilisation de combustible	10,1312*10³ BTU/kWh

données générales

Puissance	16,500000 MW
temps d'opération	5,00000*10³ h/a
durée de vie	10,000000 a
Flächeninanspruchnahme	247,50000 m²
Beschäftigte	0,0000000 personnes
rendement réel	37,490000 %
utilisation de combustible	10,1312*10³ BTU/kWh

Figure IV-23 : Données des processus des centrales thermiques

✓ Etape 2 : Création d'un scénario

Une fois l'étape de création de processus terminée, nous avons créé un scénario pour la production d'énergie mixte pour le cas du réseau d'Antsiranana. La création de ce scénario dans le logiciel GEMIS est donnée sur la Figure IV-24.

Scénarios

Scénarios

A/B diego_mix

1. Option : option 1

Option 1

demande d'énergie

Pierrot_fueloil_motor	92,7385*10⁶ kWh
Pierrot_diesel_motor	29,7385*10⁶ kWh
somme	122,477*10⁶ kWh

Figure IV-24 : Scénario de la production d'énergie mixte -RIA

✓ Etape 3 : Présentation des résultats

Le résultat de la simulation a donné les données d'émission des gaz à effet de serre pour le réseau mixte d'Antsiranana qui est récapitulé dans le tableau.

Energie produite	kg ~CO_2	CO_2	CH_4	N_2O
122 320 672 kWh	118 114 000	114 172 000	104 660	3026
1 kWh	**1,03561**	0,93338	0,00086	0,00002

Tableau IV-2 : Emission des gaz à effet de serre en [Kg] – Réseau Antsiranana

IV.2.6.3 Processus d'acquisition de données

Le site de l'objet de notre étude se trouve à l'Université d'Antsiranana, région Diana, Madagascar. Le prix d'un kilowattheure sur le site est de 722 Ar [ORE-JIRAMA]. Le facteur d'émission est de 1.03 kg ~CO_2 par kWh [JIRAMA-GEMIS]. La Figure IV-25 montre alors l'acquisition de ces données sur l'outil de simulation.

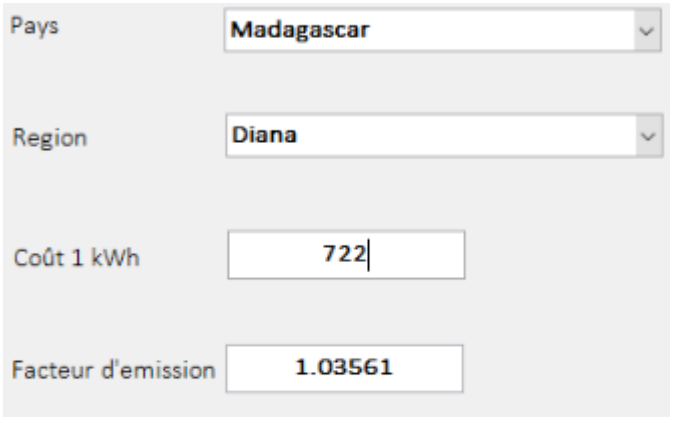


Figure IV-25 : Acquisition des données de base

a. Identification des systèmes

✓ Cahier de charge

L'objet de notre étude est toujours le bâtiment Master constitué de 14 espaces fonctionnels. Les données du cahier de charge pour l'analyse de flux d'énergie pour ce bâtiment sont récapitulées dans les tableaux suivants.

Au niveau de l'Espace Fonctionnel Bureau Administratif (BA) les informations sont récapitulées sur le Tableau IV-3.

Tableau IV-3 : Liste des équipements de l'EF Bureau Administratif

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Bureau Administratif (BA)	Eclairage	Tube fluorescente	4	40
		Lampe de bureau	4	15
	Bureautique	Ordinateur de bureau	4	120
		Imprimante multifonction	1	200
		caméra de surveillance	1	3
		Dispositif de sécurité incendie	1	3
		Téléphone fax	1	300
	Confort	Brasseurs d'air	4	75
	Entretien	Aspirateur	1	300

Les informations au niveau du Centre de Documentation (CD) sont données sur le Tableau IV-4.

Tableau IV-4 : Liste des équipements de l'EF Centre de Documentation

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Centre de Documentation (BA)	Eclairage	Tube fluorescente	8	40
		Lampe de bureau	1	15
	Bureautique	Ordinateur de bureau	3	120
		Imprimante multifonction	1	200
		Caméra de surveillance	1	3
		Dispositif de sécurité incendie	1	3
		Téléphone fax	1	300
	Confort	Brasseurs d'air	4	75
	Entretien	Aspirateur	1	300

Pour l'Espace Fonctionnel Couloir (CO) les informations sont données sur le Tableau IV-5.

Tableau IV-5 : Liste des équipements de l'EF Couloir

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Couloir (CO)	Eclairage	Tube fluorescente	10	40
	Bureautique	Caméra de surveillance	2	3
		Dispositif de sécurité incendie	2	3
	Entretien	Aspirateur	1	300

Pour l'Espace Fonctionnel Local Technique (LT) les informations sont données sur le Tableau IV-6.

Tableau IV-6 : Liste des équipements de l'EF Local Technique

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Local Technique (LT)	Eclairage	Tube fluorescente	2	40
		Lampe de bureau	1	15
	Bureautique	Ordinateur de bureau	1	120
		caméra de surveillance	1	3
		Dispositif de sécurité incendie	1	3
		Téléphone fax	1	300
	Confort	Brasseurs d'air	1	75
	Entretien	Aspirateur	1	300
	Cuisson	Four micro-onde	1	900
	Conservation	Réfrigérateur	1	300

Pour les Espaces Fonctionnels Salle de Cours (SC1, SC2, SC3, SC4) les informations sont les mêmes et sont données sur le Tableau IV-7.

Tableau IV-7 : Liste des équipements des EF salle de cours

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Salle de Cours (SC1, SC2, SC3, SC4)	Eclairage	Tube fluorescente	6	40
	Bureautique	Ordinateur portable	1	30
		Vidéoprojecteur	1	300
		Dispositif de sécurité incendie	1	3
	Confort	Brasseurs d'air	4	75
	Entretien	Aspirateur	1	300

Les informations au niveau de la Salle Informatique (SI) sont données sur le Tableau IV-8.

Tableau IV-8 : Liste des équipements de l'EF Salle Informatique

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Salle Informatique (SI)	Eclairage	Tube fluorescente	8	40
	Bureautique	Ordinateur de bureau	20	120
		Imprimante multifonction	1	200
		caméra de surveillance	1	3
		Dispositif de sécurité incendie	1	3
	Confort	Brasseurs d'air	6	75
	Entretien	Aspirateur	1	300

Les informations au niveau de la Salle de Réunion (SR) sont données sur le Tableau IV-9.

Tableau IV-9 : Liste des équipements de l'EF Salle de Réunion

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Salle de Réunion (SR)	Eclairage	Tube fluorescente	4	40
	Bureautique	Ordinateur portable	1	30
		Vidéo projecteur	1	300
		caméra de surveillance	1	3
		Dispositif de sécurité incendie	1	3
	Confort	Brasseurs d'air	2	75
	Entretien	Aspirateur	1	300

Pour les Espaces Fonctionnels Salle des Travaux Pratiques (STP1, STP2) les informations sont les mêmes et sont données sur le Tableau IV-10.

Tableau IV-10 : Liste des équipements des EF Salle de TP 1 et 2

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Salle des Travaux Pratiques (STP1, STP2)	Eclairage	Tube fluorescente	6	40
	Bureautique	caméra de surveillance	1	3
		Dispositif de sécurité incendie	1	3
	Confort	Brasseurs d'air	4	75
	Entretien	Aspirateur	1	300
	Matériels Labo	Poste 1	12	160
		Poste 2	12	300

Pour l'Espace Fonctionnel Salle des Travaux Pratiques (STP3) les informations sont données sur le Tableau IV-11.

Tableau IV-11 : Liste des équipements de l'EF Salle de Travaux Pratiques STP3

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Salle des Travaux Pratiques (STP3)	Eclairage	Tube fluorescente	6	40
	Bureautique	caméra de surveillance	1	3
		Dispositif de sécurité incendie	1	3
	Confort	Brasseurs d'air	4	75
	Entretien	Aspirateur	1	300
	Matériels Labo	Poste 1	3	1000
		Poste 2	3	500
		Poste 3	4	300

Les informations au niveau de la Toilette (TO) sont données sur le Tableau IV-12.

Tableau IV-12 : Liste des équipements de l'EF Toilette

Espace fonctionnel	Poste de Consommation	Composant	Nombre	Puissance en [W]
Toilette (TO)	Eclairage	Tube fluorescente	2	40
	Bureautique	Dispositif de sécurité incendie	1	3
	Entretien	Aspirateur	1	300

L'intégration de ces données dans l'outil de simulation donne l'affichage représentée par le Figure IV-26. Nous avons la possibilité de parcourir sur n'importe quel objet de notre bâtiment. En cliquant le Bâtiment Master par exemple, seuls les espaces fonctionnels qui sont associés à ce bâtiment figurent dans la liste au niveau de l'Espace Fonctionnel. Il en de même pour les autres structures, si on clique sur un EF quelconque seules les Postes de Consommations qui sont rattachées à cet EF figurent sur la liste de Poste de Consommation.

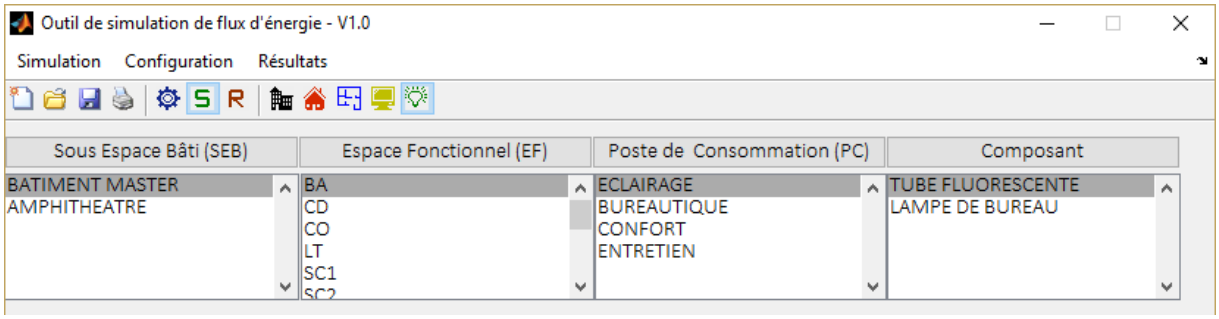


Figure IV-26 : Identification des sous-systèmes du bâtiment Master

b. Acquisition des données

Le nombre et la puissance des composants sont déjà renseignés au niveau de l'identification des sous-systèmes. La quantification des composants est obtenue à partir des simulations faites sur des outils d'analyse technique, Dialux pour le nombre et puissance des lampes, EnergyPlus pour les équipements de confort. Les autres données à renseigner sont le Profil d'Utilisation journalier, le nombre de jour d'utilisation mensuel et le coefficient de pondération mensuel.

✓ Profil d'Utilisation journalier

Pour faciliter la saisie des données, nous avons défini quelques Profil d'Utilisation Journalier de composant en fonction des Postes de Consommations auquel il appartient. Sur l'outil, il suffit de choisir un de ces profils pour le profil d'utilisation journalier. Toutefois, Il est encore possible de saisir un nouveau profil ou de modifier les profils prédéfinis. Pour les appareils de sécurité qui fonctionnent sans interruption, le profil d'utilisation est donné dans le Tableau IV-13. La première ligne du tableau indique les tranches horaires d'une journée tandis que la deuxième ligne indique le nombre de minutes d'utilisation pour chaque tranche horaire. Ces indications sont valables pour les autres profils ci-après.

Tableau IV-13 : Profil d'utilisation des équipements de sécurité

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

Pour les ordinateurs utilisés dans les différents bureaux, le profil d'utilisation est donné dans le Tableau IV-14. Ce profil est corrélé avec les horaires de travail du personnel.

Tableau IV-14 : Profil d'utilisation des équipements bureautique

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	0	0	0	0	0	0	30	60	60	60	60	30	30	60	60	60	30	0	0	0	0	0	0

Pour les éclairages, nous avons utilisé le profil d'utilisation donné dans le Tableau IV-15. Ce profil est obtenu à partir de l'étude technique de l'éclairagisme avec le logiciel Dialux.

Tableau IV-15 : Profil d'utilisation des équipements d'éclairage

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	0	0	0	0	0	0	60	30	0	0	0	0	0	0	0	30	60	60	0	0	0	0	0

Pour les équipements de confort (brasseurs d'air), le profil d'utilisation journalier est donné dans le Tableau IV-16. Ce profil est obtenu à partir de l'étude technique par rapport au confort thermique du bâtiment à l'aide du logiciel EnergyPlus.

Tableau IV-16 : Profil d'utilisation des équipements de confort

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	60	0	0	60	60	60	30	0	0	0	0	0	0

Pour les ordinateurs utilisés dans la salle informatique et les postes de TP dans les salles de Travaux Pratiques, nous avons estimé le profil d'utilisation journalier comme mentionné dans le Tableau IV-17.

Tableau IV-17 : Profil d'utilisation des équipements de travaux pratiques

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	0	0	0	0	60	60	60	0	0	0	0	0	0	0

Pendant l'utilisation de matériels de projection durant la réalisation de cours surtout magistral, le profil d'utilisation journalier pour un ordinateur portable et un vidéo projecteur est évalué sur le Tableau IV-18

Tableau IV-18 : Profil d'utilisation des équipements projection

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	0	0	0	0	0	0	60	60	0	0	0	0	0	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0

✓ Nombre de jour d'utilisation mensuel des composants

Le même principe a été adopté pour le nombre de jour d'utilisation mensuel. Nous considérons deux types de profil pour le nombre de jour d'utilisation mensuel des composants. Le premier profil (Profil 1) concerne les composants qui fonctionnent sans interruption tout au long du mois. Ce profil est associé aux composants assurant la sécurité et la conservation. L'autre profil (Profil 2) concerne tous les autres composants qui fonctionnent durant les jours ouvrables du mois. Les deux profils sont donnés dans le Tableau IV-19.

Tableau IV-19 : Profil de nombre de jour d'utilisation par mois

Mois	Profil 1	Profil 2
Janvier	31	24
Février	28	22
Mars	31	25
Avril	30	23
Mai	31	23
Juin	30	24
Juillet	31	24
Août	31	10
Septembre	30	10
Octobre	31	24
Novembre	30	23
Décembre	31	16

- ✓ Coefficient de pondération mensuelle

Sur le Tableau IV-20, nous considérons trois types de profil pour le coefficient de pondération mensuelle. Le premier profil (Profil 1) concerne les éclairages. En effet, la consommation au niveau des appareils d'éclairage varie suivant la saison. L'analyse technique réalisée avec l'outil Dialux a permis d'avoir ce profil 1. La durée d'utilisation des éclairages augmente un peu durant la période hivernale. La simulation du bâtiment avec le logiciel EnergyPlus a permis aussi d'avoir le deuxième (Profil 2) concernant les équipements de confort qui fonctionnent beaucoup plus en été qu'hiver. Le troisième profil (Profil 3) est utilisé pour tous les autres appareils fonctionnant de la même manière indépendamment de la saison comme les ordinateurs, les imprimantes.

Tableau IV-20 : Profils de coefficient de pondération mensuelle

Mois	Profil 1	Profil 2	Profil 3
Janvier	1	1	1
Février	1	1	1
Mars	1	1	1
Avril	1	1	1
Mai	1.1	0.5	1
Juin	1.1	0.4	1
Juillet	1.15	0.3	1
Août	1.15	0.2	1
Septembre	1.1	0.5	1
Octobre	1	0.9	1
Novembre	1	1	1
Décembre	1	1	1

Après avoir défini ces différents profils, l'acquisition des données au niveau de l'outil de simulation est rendue facile. La Figure IV-27 montre cette opération pour un exemple de composant « Poste 3 », du poste de consommation « Matériels Labo » attaché à l'espace fonctionnel « STP1 » du bâtiment Master. A part les données de base, puissance et nombre, il suffit de choisir le profil d'utilisation, le profil du nombre d'utilisation et le profil de coefficient de pondération sur les repères 1 et 2 de la Figure IV-27.

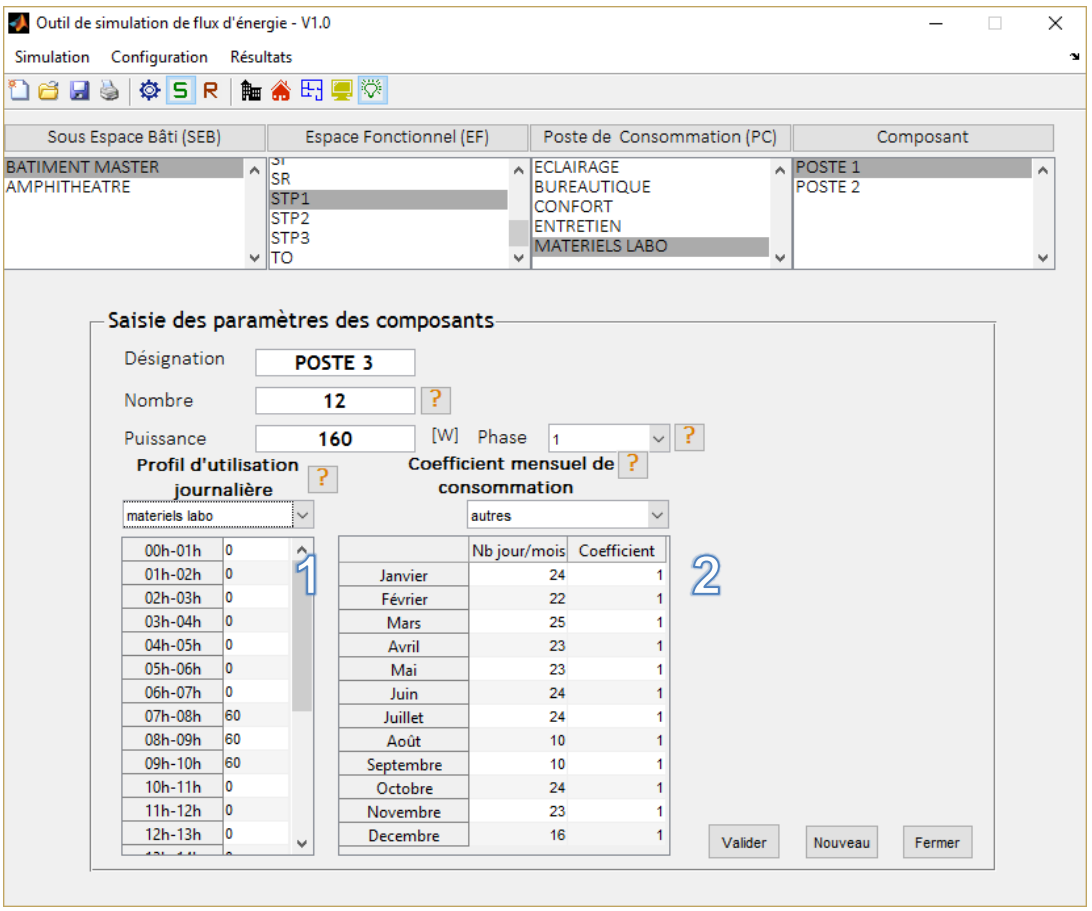


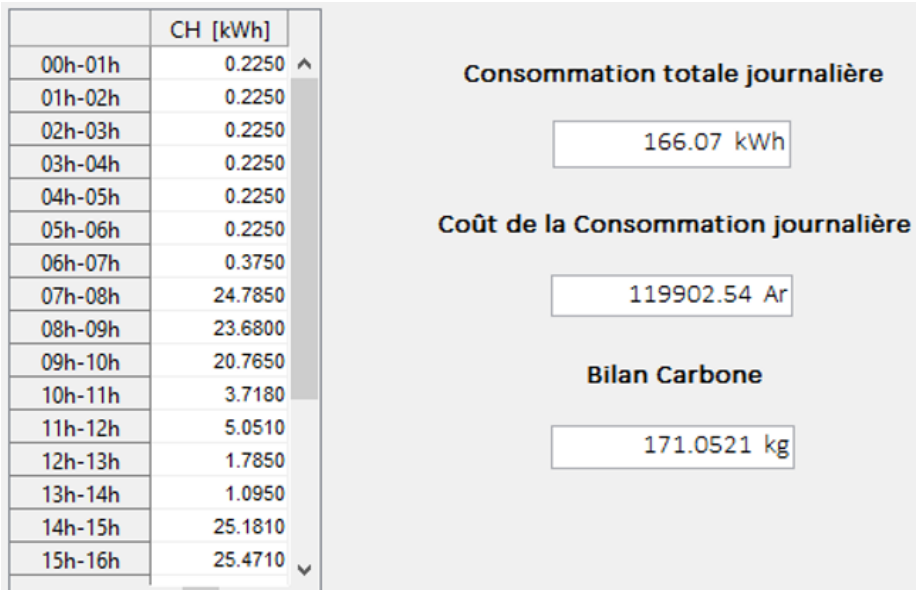
Figure IV-27 : Acquisition des données au niveau de l'interface

IV.2.6.4 Présentation et analyse des résultats

L'outil d'analyse peut sortir les résultats sur les différentes échelles d'observations de description. Pour de raison d'organisation, nous présentons seulement les résultats à l'échelle du bâtiment.

a. Consommation horaire et journalière

La consommation journalière du bâtiment Master est de 166 kWh. La Figure IV-28 montre les résultats obtenus sur l'outil d'analyse. Cette consommation est responsable de l'émission de 171 kg éq. C02.



	CH [kWh]
00h-01h	0.2250
01h-02h	0.2250
02h-03h	0.2250
03h-04h	0.2250
04h-05h	0.2250
05h-06h	0.2250
06h-07h	0.3750
07h-08h	24.7850
08h-09h	23.6800
09h-10h	20.7650
10h-11h	3.7180
11h-12h	5.0510
12h-13h	1.7850
13h-14h	1.0950
14h-15h	25.1810
15h-16h	25.4710

Figure IV-28 : Consommation horaire et journalière du bâtiment Master

La courbe de charge du bâtiment Master à l'échelle d'une journée type est donnée sur la Figure IV-29. C'est une courbe de charge typique de la consommation énergétique des bâtiments du secteur tertiaire.

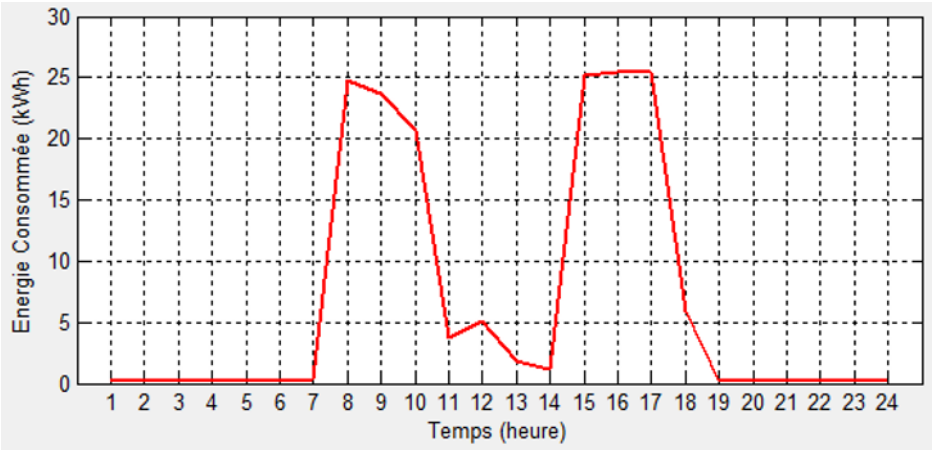


Figure IV-29 : Courbe de charge du bâtiment Master sur une journée type

b. Consommation mensuelle et annuelle

La Figure IV-30 montre la consommation mensuelle et annuelle du bâtiment Master. En tout, le bâtiment consomme en totale 41 009 kWh par an. Si on considère la surface du bâtiment, on trouve un ratio de 34 kWh/m2.an. L'émission de GES est de 42 240 kgéq.CO_2 soit un ratio de 35 kgéq.CO_2/m2.an.

	CM [kWh]
Janvier	4.0235e+03
Février	3.6859e+03
Mars	4.1842e+03
Avril	3.8574e+03
Mai	3.7046e+03
Juin	3.8153e+03
Juillet	3.7947e+03
Août	1.6631e+03
Septembre	1.6999e+03
Octobre	3.9857e+03
Novembre	3.8574e+03
Decembre	2.7381e+03

Consommation totale annuelle

41009.843 kWh

Coût de la consommation annuelle

29609106.646 Ar

Bilan Carbone

42240.1383 kg

Figure IV-30 : Consommation mensuelle et annuelle du bâtiment Master

L'évolution de la consommation du bâtiment Master à l'échelle du mois est montrée sur la Figure IV-31. Nous rappelons qu'elle est évaluée à partir des coefficients d'usage et facteurs de pondération mensuelle. Nous constatons une consommation mensuelle de 366 kW. Nous avons considéré deux mois de vacances annuelles qui justifient la faible consommation au mois d'août et de septembre.

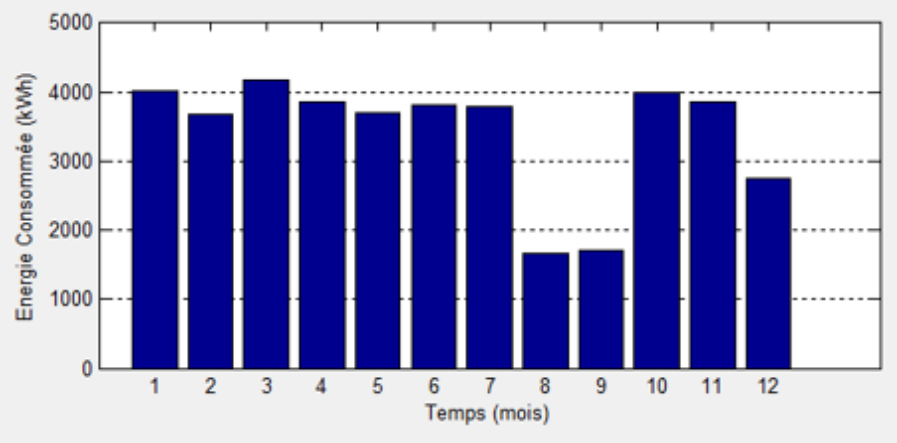


Figure IV-31 : Evolution de la consommation mensuelle du bâtiment Master

c. Récapitulatif par Espace fonctionnel

Le Tableau II-1 donne des résultats récapitulatifs pour chaque espace fonctionnel. Nous retrouvons la consommation journalière, la consommation annuelle, le coût de la consommation et le bilan des émissions des GES pour chaque espace fonctionnel.

Tableau IV-21 : Récapitulatif par espace fonctionnel du bâtiment Master

	Espace Fonctionnel	Consommation Journalière en [kWh]	Consommation annuelle en [kWh]	Coût annuel en [Ar]	Puissance Totale en [kW]	Bilan Carbone en [kg]
1	BA	7.26	1738.30	1255051.16	1.81	1790.45
2	CD	6.62	1582.06	1142250.21	1.80	1629.53
3	CO	1.73	475.20	343094.40	0.71	489.46
4	LT	6.80	2106.73	1521059.42	2.10	2169.93
5	SC1	3.85	884.35	638497.81	1.17	910.88
6	SC2	2.73	670.71	484251.54	0.95	690.83
7	SC3	3.85	884.35	638497.81	1.17	910.88
8	SC4	3.85	884.35	638497.81	1.17	910.88
9	SI	18.21	4413.56	3186592.49	3.68	4545.97
10	SR	2.37	567.21	409524.90	1.05	584.23
11	STP1	35.72	8797.03	6351452.77	6.37	9060.94
12	STP2	35.72	8797.03	6351452.77	6.37	9060.94
13	STP3	36.78	9061.07	6542091.10	6.54	9332.90
14	TO	0.55	147.91	106792.46	0.38	152.35

La signature énergétique par espace fonctionnel du bâtiment Master est donnée par la Figure IV-32 et la Figure IV-32. Vu le nombre et la puissance importante installée dans les salles de travaux pratiques, ces espaces fonctionnels à eux seuls participent à hauteur de 66 % de la consommation du bâtiment. Ensuite, la consommation des espaces fonctionnels ne dépend pas de la surface mais de la puissance des équipements qui sont installés.

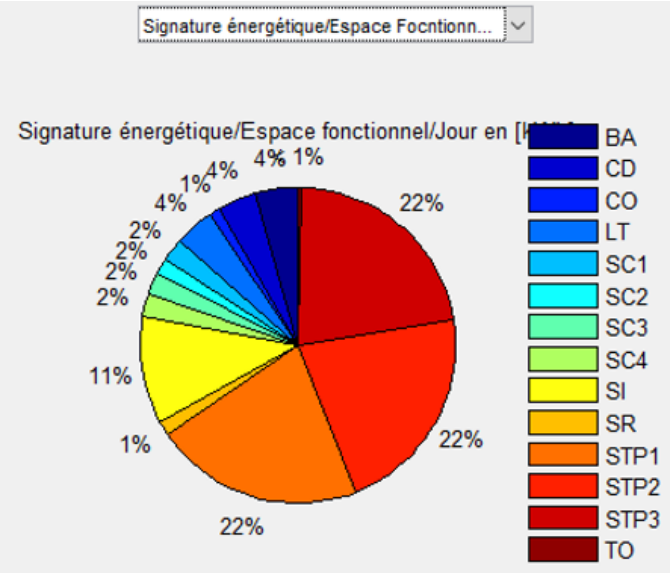


Figure IV-32 : Signature énergétique par espace fonctionnel

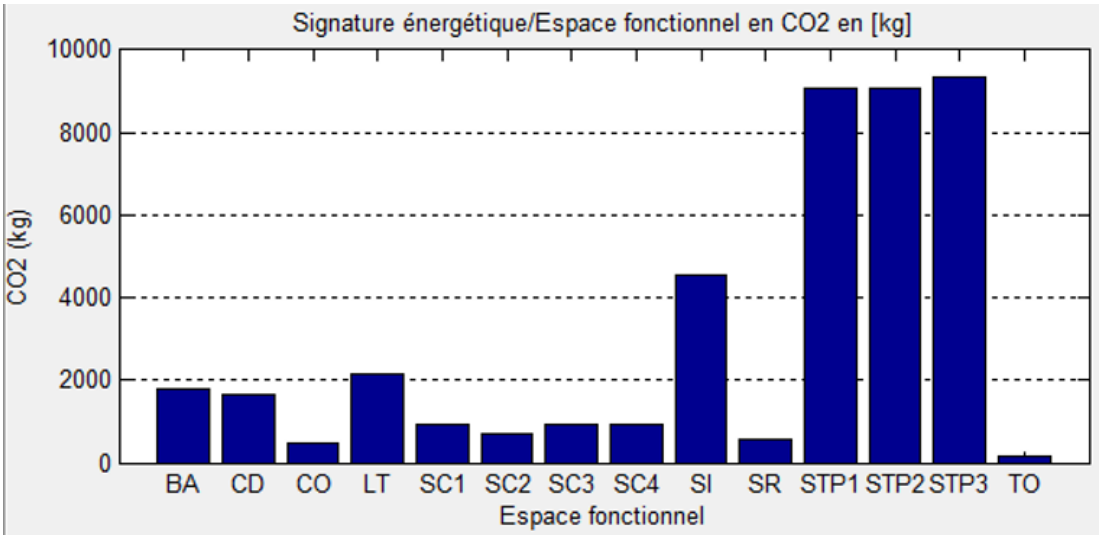


Figure IV-33 : Signature environnementale par espace fonctionnel

d. Récapitulatif par Poste de consommation

Le Tableau IV-22 récapitule les résultats à l'échelle des postes de consommation du bâtiment Master. Ce sont les postes de consommation liés directement à la formation et la recherche qui sont les plus énergivores. Il s'agit des postes de consommation Bureautique et Matériels de laboratoire qui participent à hauteur de 80% de la consommation totale du bâtiment Master. Les autres postes de

consommation tels que le cuisson et l'électroménager ne représentent qu'une infime partie de la consommation. En effet, ces deniers sont plutôt des postes de consommation du secteur résidentiel.

	Poste de Consommation	Consommation annuelle en [kWh]	Coût annuel en [Ar]	Bilan Carbone en [kg]
1	BUREAUTIQUE	8208.60	5926609.20	8454.86
2	CONFORT	2987.13	2156705.69	3076.74
3	CONSERVATION	1314.00	948708.00	1353.42
4	CUISSON	186.00	134292.00	191.58
5	ECLAIRAGE	2554.36	1844245.03	2630.99
6	ELECTROMENAGER	24.80	17905.60	25.54
7	ENTRETIEN	825.84	596256.48	850.62
8	MATERIELS LABO	24909.12	17984384.64	25656.39

Tableau IV-22 : Récapitulatif par poste de consommation du bâtiment Master

La signature environnementale par poste de consommation du bâtiment Master est illustrée sur le Figure IV-34. Cette signature est corrélée avec la consommation d'énergie, ainsi nous constatons de fortes émissions pour les postes de consommation Bureautique et Matériels de labo.

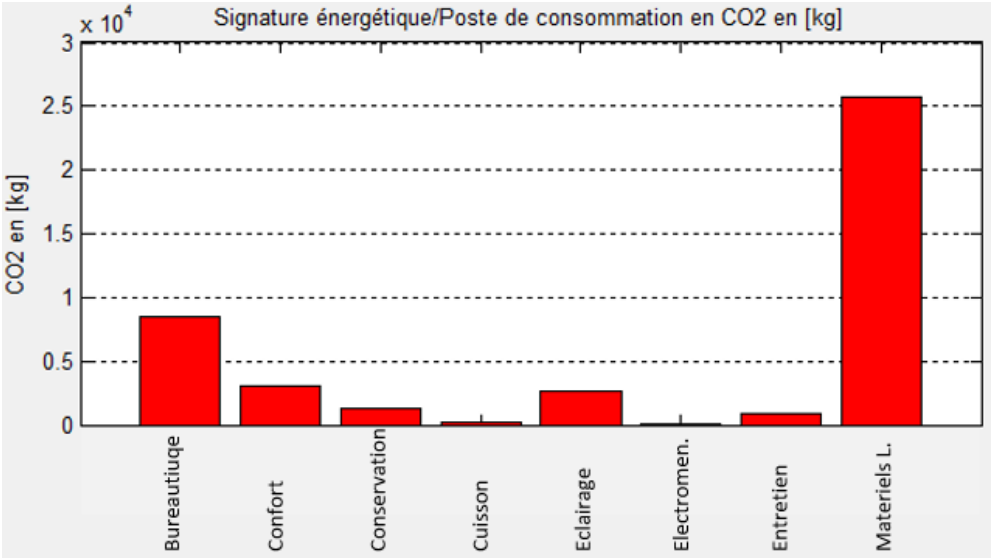


Figure IV-34 : Signature environnemental par poste de consommation

L'équilibrage de phase est important pour le bon fonctionnement des installations électriques. L'outil d'analyse de flux que nous avons élaboré comporte cette fonction qui permet de voir la répartition des charges. La Figure IV-35 montre cette répartition pour le bâtiment Master.

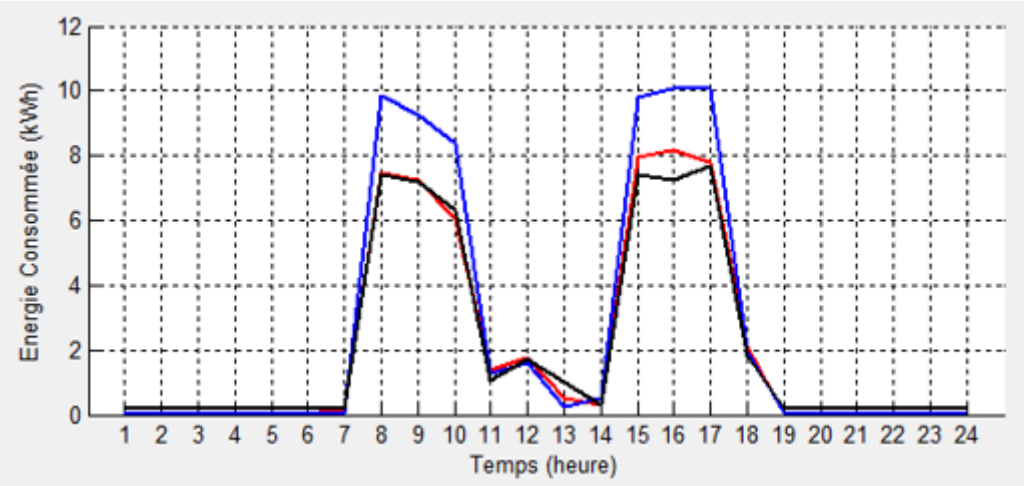


Figure IV-35 : Répartition des charges par phase du bâtiment Master

IV.2.7. Synthèse

L'analyse énergetique de notre espace bâti met en évidence les principaux éléments suivants :

- Au niveau des postes de consommation, ce sont surtout les matériels de travaux pratiques et de bureautiques qui ont les consommations les plus importantes (plus de 80% de la consommation totale). Les postes de consommation éclairage et confort sont relativement significatives et les autres postes sont négligeables
- Au niveau des espaces fonctionnels, en cohérence avec les observations faites au niveau des postes de consommation, ce sont les salles de travaux pratiques et informatique qui sont les plus énergivores (77% de la consommation totale)
- Concernant la consommation horaire journalière, nous observons une courbe de charges caractéristique du secteur d'activité (bâtiment de formation du secteur tertiaire). Nous nous retrouvons dans un cas relativement favorable pour l'intégration des EnR.

IV.3. MISE EN ŒUVRE D'UN FICHIER DE CONSOMMATION HORAIRE

Nous avons vu dans la section précédente la conception, la réalisation et l'application d'un outil d'analyse de flux d'énergie dans l'objectif de déterminer la signature énergétique et environnementale du bâtiment Master. Sur cette section, nous allons voir un autre aspect de l'analyse de flux d'énergie mais cette fois ci l'objectif est de pouvoir mettre en œuvre un fichier de consommation horaire. Ce dernier sera utilisé dans le chapitre V en vue du pilotage de la distribution de l'énergie dans un espace bâti.

IV.3.1. Conception de l'outil d'analyse de flux d'énergie – Consommation horaire

Le cadre méthodologique de la conception de cet outil est toujours basé sur l'approche systémique et typologique tel que traité sur le paragraphe IV.2.3. La description spatiale et fonctionnelle reste la même. C'est au niveau de l'acquisition des données et la phase de calcul qu'il y a quelques modifications pour avoir un fichier de consommation au pas horaire. L'évaluation de la consommation horaire est basé sur les travaux de [78] [79] [80].

IV.3.1.1 Acquisition des données et étapes de calculs

a. Acquisition des données

Les données de base restent le nombre et la puissance des équipements. Ces équipements sont rattachés à des postes de consommation. Les postes de consommation sont reliés à des espaces fonctionnels.

b. Calcul au niveau des composants

La première étape consiste à renseigner le facteur d'usage pour une journée type au niveau de chaque Composant. A ce niveau, le facteur d'usage correspond au nombre de minutes d'utilisation sur une tranche horaire. Ainsi, le facteur d'usage égal à 1 correspond à une utilisation de 60 mn du composant.

Le premier calcul à faire est l'évaluation de la consommation horaire d'un composant correspondant au profil d'utilisation horaire d'une journée type. Cette consommation se calcule par l'équation (IV-41).

$$[chC] = PT \times [PU] \qquad \textit{(IV-41)}$$

où

$[chC]$: consommation horaire d'un composant exprimée en [kWh]
PT: puissance totale d'un composant exprimée en [kW]
$[PU]$: Profil d'utilisation du composant pour une journée type

c. Calcul au niveau d'un Poste de Consommation

La consommation horaire d'un poste de consommation se calcule en faisant la somme de la consommation horaire des composants formant le poste de consommation selon l'équation (IV-42).

$$[chPC] = \sum_{i=1}^{n} [chC_i] \qquad \textit{(IV-42)}$$

où

n : nombre de composant dans le poste de consommation
$[chC_i]$: consommation horaire d'un poste de consommation exprimée en [kWh]

d. Calcul au niveau d'un Espace fonctionnel

De même nous pouvons disposer de la consommation horaire sur une journée type la consommation horaire d'un espace fonctionnel en effectuant la somme de la consommation des postes de consommation de l'espace fonctionnel. Cette consommation est donnée par l'équation (IV-43)

$$[chEF] = \sum_{i=1}^{n} [chPC_i] \qquad \textit{(IV-43)}$$

où

n : nombre de poste de consommation dans l'espace fonctionnel
$[chEF]$: consommation horaire d'un espace fonctionnel exprimée en [kWh]

e. Calcul au niveau d'un bâtiment

La consommation horaire sur une journée type d'un bâtiment correspond à la somme des consommations horaires de tous ses espaces fonctionnels. Cette consommation est calculée par l'équation (IV-44).

$$[chB] = \sum_{i=1}^{n} [chEF_{\,i}] \qquad \textit{(IV-44)}$$

où

n : nombre d'espace fonctionnel dans le bâtiment

$[chEF_{\,i}]$: consommation horaire d'un espace fonctionnel

IV.3.1.2 Mise en œuvre d'un fichier de consommation horaire

Pour avoir un fichier de consommation horaire mensuel, il faut partir de la consommation horaire sur une journée type du bâtiment tel que calculée par l'équation (IV-44). Il faut en outre définir des facteurs d'usage pour chaque tranche horaire du mois.

a. Facteur d'usage

Nous considérons des facteurs d'usages (FU) pour chaque tranche horaire de la journée et pour tous les jours du mois pour déterminer la consommation horaire de chaque jour du mois. Le facteur d'usage égal à 1 correspond à un profil normal d'utilisation (100%) par rapport à la journée type. Nous pouvons définir d'autres profils qui représentent les jours fériés, les fins de semaine, les jours de vacances et les jours de congés.

b. Fichier de consommation horaire d'un mois

En partant de la consommation horaire pour une journée type du bâtiment, nous déterminerons la consommation pour chaque tranche horaire de chaque jour d'un mois considéré par l'équation (IV-45). $[\mathrm{chB}]$ est un vecteur d'une ligne et de 24 colonnes. $[\mathrm{FU}]\mathrm{j}$ est une matrice de 28, 30 ou 31 lignes et de 24 colonnes. La matrice $[\mathrm{chB}]j$ a les mêmes caractéristiques que $[\mathrm{FU}]\mathrm{j}$.

$$[chB]j = [chB] \times [FU]j \qquad (IV\text{-}45)$$

où

[chB]j : matrice de consommation horaire d'un mois, exprimée en [kWh]
[chB] : vecteur de consommation horaire d'une journée type exprimée en [kWh]
[FU]j : matrice des facteurs d'usage d'un mois en [kWh]

c. Consommation horaire pour une journée type pour les autres mois

Nous considérons des coefficients de pondération pour déterminer la consommation horaire d'une journée type pour chaque mois à partir de la consommation horaire de la journée type initiale. En effet, nous n'aurons pas le même profil de consommation pour un mois d'hiver et un mois d'été. Le coefficient de pondération est une valeur définie par mois au niveau du bâtiment. D'une façon globale, cette valeur ne dépasse pas ±15 % par rapport au profil de consommation horaire de la journée type initiale.

La consommation horaire d'une journée type pour les autres mois est alors donnée par la relation (IV-46).

$$[chB]m = CP \times [chB] \qquad (IV\text{-}46)$$

où

$[chB]m$: consommation horaire d'une journée type d'un mois quelconque.
CP : coefficient de pondération d'un mois quelconque
$[chB]$: consommation horaire de la journée type initiale.

d. Fichier de consommation horaire pour les autres mois

Nous pouvons déterminer par la relation (IV-47) la consommation horaire de chaque jour des autres mois connaissant les facteurs d'usages et la consommation horaire des journées types.

$$[chB]jm_i = FU \times [chB]m_i \qquad (IV\text{-}47)$$

où

$[\mathrm{chB}]\mathrm{j}m_i$: Consommation horaire d'un mois quelconque

FU : Facteur d'usage

$[chB]m_i$: Consommation horaire de la journée type correspondant au mois considéré.

IV.3.2. Réalisation de l'outil d'analyse de flux d'énergie – Consommation horaire

Pour cette première version, l'outil a été réalisé sous environnement Excel pour faciliter son développement et son évolution. Le but étant d'avoir les fichiers de consommation horaire pour chaque mois de l'année, nous avons simplifié les interfaces.

IV.3.2.1 Interface d'acquisition des données

Les données de base sont le nombre et la puissance unitaire de chaque composant. L'outil calcule ensuite la puissance totale pour chaque composant. Le Tableau IV-23 montre l'interface d'acquisition de données dans un espace fonctionnel.

Tableau IV-23 : Exemple d'acquisition des données au niveau d'un EF

EF	PC	Composant	Nombre	Puissance [kW]	PT [kW]
BA	Eclairage	Tube fluorescente	4	0,04	0,16
		Lampe de bureau	4	0,015	0,06
	Bureautique	Ordinateur de bureau	4	0,12	0,48
		Imprimante multifonction	1	0,2	0,2
		caméra de surveillance	1	0,03	0,03
		Dispositif de sécurité incendie	1	0,01	0,01
		Téléphone fax	1	0,3	0,3
	Confort	Brasseurs d'air	4	0,075	0,3
	Entretien	Aspirateur	1	0,3	0,3

IV.3.2.2 Calcul de la consommation horaire au niveau d'un EF

Le Tableau IV-24 montre l'acquisition du profil d'utilisation horaire (repère 1) pour une journée type et le calcul de la consommation horaire (repère 2) d'une journée type. Le calcul se fait au niveau de chaque composant et poste de consommation de l'espace fonctionnel. Pour avoir la consommation horaire de l'espace fonctionnel (repère 3) il faut faire la somme de la consommation horaire de chaque composant.

Tableau IV-24 : Récapitulatif de la consommation horaire d'une journée type d'un espace fonctionnel

EF	PC	Composant	Nombre	Puissance [kW]	PT [kW]		00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h
BA	Eclairage	Tube fluorescente	4	0,04	0,16	durée[H]	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0
						cons[kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0,16	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,16	0	0	0	0	0	0
		Lampe de bureau	4	0,015	0,06	durée[H]	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0
						cons[kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,06	0	0	0	0	0	0
	Bureautique	Ordinateur de bureau	4	0,12	0,48	durée[H]	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0
						cons[kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0,24	0,48	0,48	0,48	0,48	0,24	0,24	0,48	0,48	0,48	0,24	0	0	0	0	0	0
		Imprimante multifonctio	1	0,2	0,2	durée[H]	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
						cons[kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0
		caméra de surveillance	1	0,03	0,03	durée[H]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
						cons[kWh]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
		Dispositif de sécurité ir	1	0,01	0,01	durée[H]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
						cons[kWh]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Téléphone fax	1	0,3	0,3	durée[H]	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
						cons[kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0
	Confort	Brasseurs d'air	4	0,075	0,3	durée[H]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0	0	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0
						cons[kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,3	0	0	0,3	0,3	0,3	0,15	0	0	0	0	0	0
	Entretien	Aspirateur	1	0,3	0,3	durée[H]	0	0	0	0	0	0	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						cons[kWh]	0	0	0	0	0	0	0,15	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					1	Janvier	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0,2**	**0,6**	**0,7**	**0,6**	**0,7**	**0,9**	**0,3**	**0,3**	**0,9**	**0,9**	**1**	**0,7**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

(1)

(2)

(3)

Il faut répéter l'acquisition des donnés du Tableau IV-23 et le calcul de la consommation du Tableau IV-24 pour chaque espace fonctionnel constituant le bâtiment.

IV.3.2.3 Calcul de la consommation horaire au niveau du bâtiment

La consommation horaire d'une journée type du bâtiment est obtenue à partir du regroupement des consommations horaires de ses espaces fonctionnels. Le Tableau IV-25 illustre ce regroupement (repère 1).

Tableau IV-25 : Calcul de la consommation horaire du d'une journée type bâtiment

Espace fonctionnel	Données mesurées sur la consommation par espace fonctionnel sur une Journée-Type (kWh)																							
	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	Total journée
Bureau Administratif	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,19	0,62	0,68	0,57	0,72	0,87	0,28	0,28	0,87	0,87	0,98	0,70	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	8,11
Centre de Document	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,80	0,81	0,61	0,60	0,75	0,22	0,22	0,75	0,91	1,08	0,76	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	8,02
Couloir	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,48	0,52	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,28	0,48	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	3,36
Local Technique	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,19	0,32	0,24	0,19	0,23	0,27	0,10	0,10	0,27	0,27	0,31	0,26	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	3,21
Salle de cours 1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	0,37	0,16	0,01	0,16	0,31	0,01	0,01	0,34	0,34	0,43	0,40	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	2,82
Salle de cours 2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	0,37	0,16	0,01	0,16	0,31	0,01	0,01	0,34	0,34	0,43	0,40	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	2,82
Salle de cours 3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	0,37	0,16	0,01	0,16	0,31	0,01	0,01	0,34	0,34	0,43	0,40	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	2,82
Salle de cours 4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	0,37	0,16	0,01	0,16	0,31	0,01	0,01	0,34	0,34	0,43	0,40	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	2,82
Salle informatique	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,19	2,85	2,62	2,46	0,29	0,51	0,04	0,04	2,91	2,91	3,07	0,61	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	18,97
Salle de réunion	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,19	2,85	2,62	2,46	0,29	0,51	0,04	0,04	2,91	2,91	3,07	0,61	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	18,97
Salle de TP 1	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,19	0,37	0,16	5,56	5,71	5,86	0,04	0,04	5,86	5,86	5,98	0,43	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	36,54
Salle de TP 2	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,19	5,89	5,68	5,56	0,19	0,34	0,04	0,04	5,86	5,86	5,98	0,43	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	36,54
Salle de TP 3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,19	0,37	6,16	6,04	6,19	0,34	0,04	0,04	6,34	6,34	6,46	0,43	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	39,42
Toilette	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	0,18	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,72
Total	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	

(1)

IV.3.2.4 Mise en œuvre des coefficients de pondération

Pour déterminer la consommation horaire de chaque journée type associée à chaque mois, nous avons mis en œuvre des coefficients de pondération en rapport avec les postes de consommation. Le Tableau IV-26 montre ces coefficients pour le contexte de Madagascar. Ces données sont obtenues à partir des outils (Dialux et EnergyPlus) utilisés durant l'analyse technique. Nous constatons qu'en hiver il faut un peu plus d'éclairage qu'en été. En général, les coefficients de pondération varient en fonction de la saison de l'année.

Tableau IV-26 : Coefficients de pondération par poste de consommation dans l'année

Mois/PC	Jan	Fév	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Entretien	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eclairage	1	1	1	1	1,04	1,05	1,05	1,05	1,04	1	1	1
Confort	1	1	0,7	0,5	0	0	0	0	0,7	1	1	1
Bureautique	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sécurité	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cuisson	1	1	1	1,02	1,04	1,09	1,11	1,12	1,08	1	1	1
Conservation	1	1	0,94	0,92	0,90	0,89	0,90	0,90	0,96	0,98	1	1
Multimédia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tableau IV-27 : Matrice des facteurs d'usages pour un mois donné

	Jour Julien	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h
JANVIER	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	18	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	19	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	22	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	23	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	27	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	28	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	29	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	31	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tableau IV-28 : Fichier horaire de consommation pour un mois.

	Jour Julien	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	Total
JANVIER	1	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	1,62	2,02	2,36	1,49	1,08	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	25,40
	2	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	1,62	2,02	2,36	1,49	1,08	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	25,40
	3	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	4	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	5	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	6	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	7	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	8	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	102,50
	9	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	1,62	2,02	2,36	1,49	1,08	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	25,40
	10	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	11	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	12	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	13	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	14	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	15	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	102,50
	16	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	1,62	2,02	2,36	1,49	1,08	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	25,40
	17	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	18	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	19	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	20	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	21	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	22	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	102,50
	23	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	1,62	2,02	2,36	1,49	1,08	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	25,40
	24	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	25	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	26	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	27	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	28	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	29	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	102,50
	30	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	1,62	2,02	2,36	1,49	1,08	0,09	0,09	2,72	2,74	2,90	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	25,40
	31	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	16,20	20,18	23,58	14,94	10,78	0,93	0,93	27,22	27,38	28,98	6,39	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	185,14
	Moyenne	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,25	13,69	17,04	19,92	12,62	9,10	0,67	0,67	19,61	19,73	20,89	4,60	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	4385,89

IV.3.3. Application de l'outil d'analyse de flux d'énergie – Consommation horaire

L'application de l'outil d'analyse de flux d'énergie de consommation horaire pour notre objet d'étude nécessite l'élaboration sur Excel de 14 pages pour déterminer la consommation horaire d'une journée type de chacun des espaces fonctionnels du bâtiment Master. Il en est de même pour le facteur d'usage, nous avons 14 pages. Le résultat final pour le bâtiment Master est de 12 fichiers de consommation horaire présentés comme illustré sur le Tableau IV-28 pour les 12 mois de l'année (Annexe 4). Nous allons se servir de ces fichiers tout au long du chapitre V consacré au pilotage de la distribution de l'énergie dans un espace bâti.

IV.4. CONCLUSION

Nous avons traité dans ce chapitre l'analyse des flux d'énergie en phase de fonctionnement d'un espace bâti. Le cadre conceptuel de l'analyse est basé sur l'approche systémique et la description typologique. Nous avons traité deux types d'analyses des flux d'énergie. La première analyse consiste à déterminer la signature énergetique et environnementale du fonctionnement d'un bâtiment. La deuxième analyse effectuée traite la mise en œuvre d'un fichier horaire de consommation de l'espace bâti en vue de la gestion de la distribution horaire qui sera traitée dans le chapitre V. Par rapport aux travaux antérieurs, une nouvelle modélisation et une conception de l'outil selon l'approche orientée objet ont été adoptées. Par ailleurs, nous avons développé un nouvel outil d'analyse des flux d'énergie avec le langage de programmation orienté objet de Matlab. Dans les deux cas, nous avons appliqué ces démarches sur le cas du bâtiment Master.

CHAPITRE V

PILOTAGE DE L'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LA DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE DANS UN ESPACE BATI

V.1. INTRODUCTION 183
V.2. PRESENTATION DES SYSTEMES 183
V.2.1. Forme numérique d'un Système 184
V.3. PRESENTATION DU SYSTEME DE PRODUCTION 186
V.3.1. Fichier météo 186
V.3.2. La production d'énergie par source photovoltaïque 187
V.3.3. La production d'énergie par source éolienne 194
V.3.4. Présentation de l'outil SP 196
V.4. PRESENTATION DU SYSTEME DE CONSOMMATION 199
V.5. PRESENTATION DES AUTRES SYSTEME ET FICHIERS 199
V.6. PRESENTATION DES SCENARII DE PILOTAGE 199
V.6.1. Distribution sans stockage 199
V.6.2. Distribution avec stockage 202
V.6.3. Distribution avec stockage et lissage réseau 205
V.7. REALISATION DE L'OUTIL DE PILOTAGE 212
V.7.1. Interfaces de pilotage 212
V.8. APPLICATION AU BATIMENT MASTER 216
V.8.1. Distribution sans stockage 216
V.8.2. Distribution avec stockage 221
V.8.3. Distribution avec stockage et lissage de la courbe de consommation 227
V.9. COMPARAISON DES SCENARII 231
V.10. REALISATION D'UN DISPOSITIF DE COMMANDE DU PILOTAGE : DU VIRTUEL AU REEL 232
V.10.1. Principe de fonctionnement du dispositif de pilotage 232
V.10.2. Proposition de circuit électronique simplifié 233
V.10.3. Programme et simulation pour le dispositif proposé 234
V.10.4. Devis estimatif du dispositif de pilotage de distribution 240
V.11. CONCLUSION 240

CHAPITRE V. PILOTAGE DE LA DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE DANS UN ESPACE BATI INTEGRANT DES ENERGIES RENOUVELABLES

V.1. INTRODUCTION

Le présent chapitre traite la mise en œuvre d'un système de pilotage de la distribution de l'énergie électrique dans un espace bâti [81]. Nous allons présenter les différents systèmes mise en jeu, la modélisation du système de production avec une approche systémique. Nous présenterons ensuite divers scenarii de pilotage proprement dit de la distribution horaire de l'énergie électrique.

Le pilotage de la distribution de l'énergie dans un Espace Bâti (EB) consiste à connaitre pour chaque tranche horaire des jours de l'année, l'état des différents systèmes [82] [83]. Cela va permettre un dimensionnement des installations de production et de stockage en effectuant plusieurs simulations des scénarii de distribution que nous allons voir dans ce chapitre.

V.2. PRESENTATION DES SYSTEMES

Nous considérons 5 systèmes à savoir le Système de Production (SP) d'énergie renouvelable, le Système de Consommation (SC), le Système de stockage cumulé (STO), le fichier de soutirage réseau (RES) ainsi que le fichier de gestion de l'excèdent (EXC) de production d'Energie Renouvelable (EnR). La Figure V-1 montre le schéma de principe du système de pilotage. La flèche colorée en bleue indique le flux de la production d'EnR, celle colorée en rouge le flux au niveau du réseau et celle en orange caractérise le flux observé au niveau du système de stockage.

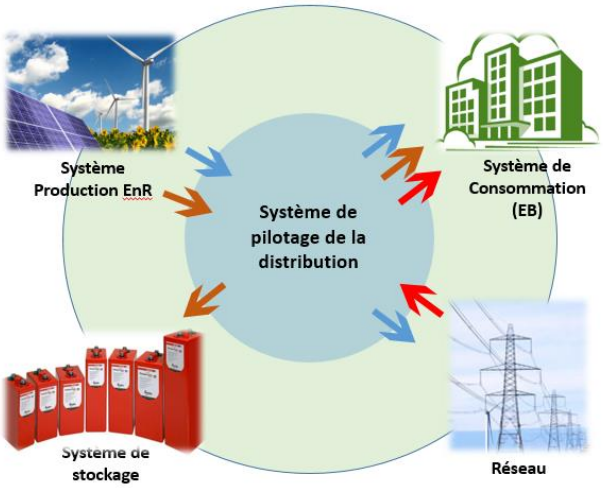


Figure V-1 : Schéma de principe du système de pilotage de la distribution de l'énergie

V.2.1. Forme numérique d'un Système

Chacun des systèmes cités en haut est représenté par un fichier numérique dont la forme est modélisée par une matrice constituée de 24 colonnes indiquant les tranches horaires du jour et de 31 lignes montrant les jours du mois considéré. Sur le Tableau V-1, le repère (1) indique l'heure du jour, le repère (2) indique le jour considéré. Le repère (3) indique la quantité de l'énergie mise en jeu au niveau du système considéré, exprimée en [kWh]. Le repère (4) représente la quantité de l'énergie journalière mise en jeu dans un système considéré. Le repère (5) indique la quantité de l'énergie mensuelle mise en jeu dans un système considéré.

Tableau V-1 : Représentation d'un système

	Jour	00h-01h	01h-02h	.	.	11h-12h	12h-13h	20h-21h	.	.	23h-00h	Total
JANVIER	1	0,00	0,00	.	.	27,74	25,48	0,08	.	.	0,00	227,99
	2	0,00	0,00	.	.	44,13	43,01	0,00	.	.	0,00	387,52
	3	0,04	0,00	.	.	36,36	39,29	0,73	.	.	0,04	340,23
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	i -1	.	.	i	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	15	9,85	0,00	.	.	37,02	32,06	12,87	.	.	14,03	354,09
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	30	0,28	7,42	.	.	43,84	41,24	1,15	.	.	0,61	395,30
	31	0,00	2,19	.	.	19,28	21,91	0,38	.	.	0,01	226,22
	Total	98,87	113,15	.	.	1168,00	1178,59	168,04	.	.	99,43	**12266,93**

L'indice (i) donne l'état du système considéré à l'instant i donné. L'indice (i – 1) montre l'état du système à l'heure précèdent l'instant i. Cet indice (i–1) est surtout utilisé pour le système de stockage.

Chaque système est représenté 12 fois pour les 12 mois de l'année. Une analyse sur plusieurs échelles d'observation temporelle des valeurs de l'énergie pour chaque système est alors possible.

IV.2.2. Forme graphique d'un Système

Pour la lecture et l'interprétation d'un système, des représentations graphiques sont attachées à chaque système. Il y a notamment la représentation de l'évolution horaire de l'état d'un système pour une journée donnée, l'évolution journalière ou mensuelle de l'énergie mise en jeu dans un système ou plusieurs systèmes en même temps comme illustrée sur la Figure V-2 qui montre la comparaison du SC et du SP pour les tranches horaires d'une journée type.

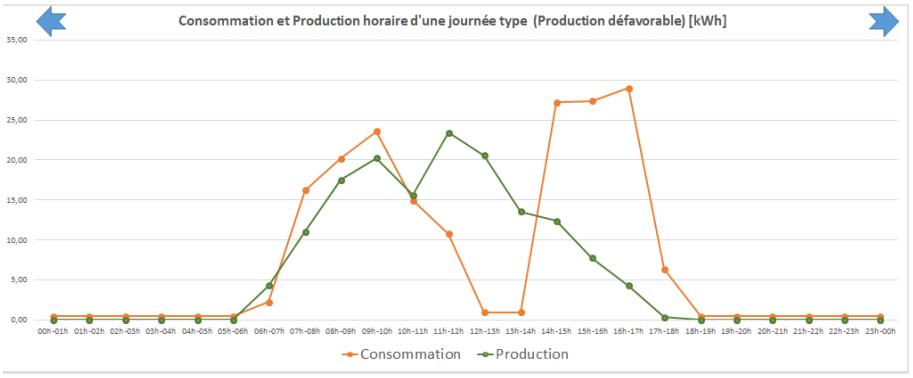


Figure V-2: Comparaison de l'évolution horaire de l'état de deux systèmes

La Figure V-3 illustre une représentation sur un même graphique du comportement de plusieurs systèmes à l'échelle d'un mois.

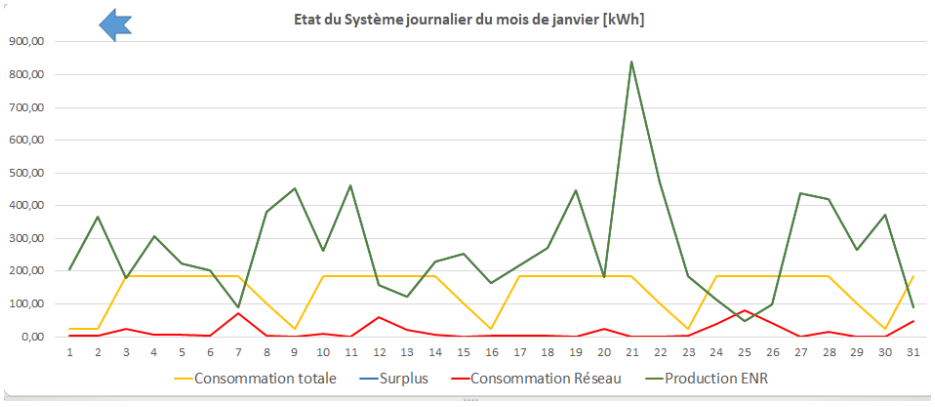


Figure V-3 : Comparaison de l'évolution journalière de l'état de plusieurs systèmes

Une comparaison entre système peut être aussi établie avec des représentations graphiques comme illustrées ci-après :

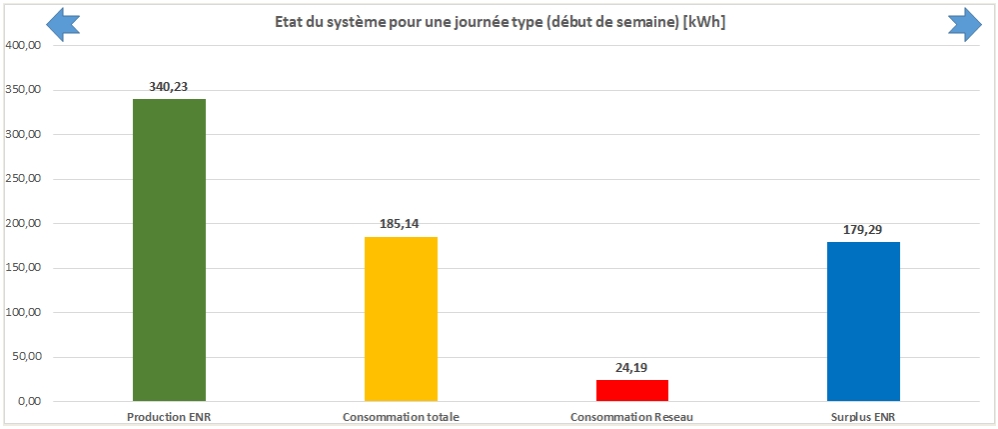


Figure V-4 : Comparaison de l'état journalier de chaque système

Ces représentations graphiques permettent de connaitre assez rapidement l'état de chaque système pour une journée donnée.

V.3. PRESENTATION DU SYSTEME DE PRODUCTION

L'outil intègre les EnR photovoltaïque et éolienne. A terme, pourraient être également intégrées les EnR hydraulique, biogaz (méthanisation et gazéification), solaire thermique. Le présent paragraphe traitera la modélisation du système de production horaire d'énergie renouvelable photovoltaïque [84] et éolienne [85] basée sur une évaluation faite à partir des modèles de calculs et des données obtenues d'un fichier météo.

V.3.1. Fichier météo

Un fichier météo est un fichier qui contient les données sur les conditions climatiques d'un site et pour une période, généralement une année. Il contient des données comme l'irradiance solaire, les températures, les vitesses du vent. Un fichier météo peut contenir les enregistrements de données réelles sur une période de temps importante. Il existe par exemple les fichiers Satel-Light. Bien que ces données soient enregistrées et correspondent à des données réelles, elles ne sont pas nécessairement représentatives d'un climat courant pour une localisation. Il existe aussi d'autres fichiers ayant des données qui ont été statistiquement analysées, recalibrées et organisées comme année de référence (TRY pour Test Reference Year) pour certains lieux. Elles sont des données plus représentatives qui peuvent donc être utilisées. Le pas de temps est souvent d'une heure et ces fichiers contiennent des données sur l'année. Un exemple de ce format est celui d'Energy Plus (EPW) que

nous utilisons dans ce travail. Les données qui nous intéressent dans le cadre de ce travail concernent la vitesse de vent, les rayonnements direct et diffus.

Nous disposons des données météo horaire dont le Tableau V-2 donne un extrait à partir d'un fichier météo (EPW).

Tableau V-2 : Extrait d'un fichier météo

Date/Time	Site Wind Speed [m/s](Hourly)	Site Diffuse Solar Radiation Rate per Area [W/m2](Hourly)	Site Direct Solar Radiation Rate per Area [W/m2](Hourly)
01/01 06:00:00	0.0	25.6875	30.1875
01/01 07:00:00	0.1875	112.1875	210.1875
01/01 08:00:00	0.55	165.3125	501.875
01/01 09:00:00	0.8875	192.875	686.8125
01/01 10:00:00	1.4375	288.25	605.6875
01/01 11:00:00	2.1375	427.6875	405.5
01/01 12:00:00	2.8375	461.5625	286.4375
01/01 13:00:00	2.9125	475.25	255.5

Nous considérons la vitesse de vent horaire pour évaluer la production horaire d'énergie par source éolienne. Nous considérons aussi, le rayonnement global du soleil qui s'obtient en ajoutant le rayonnement direct, le rayonnement diffus. Le rayonnement direct varie en fonction de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon. Le rayonnement diffus est le rayonnement provenant de l'ensemble de l'atmosphère et qui dépend de sa composition.

V.3.2. La production d'énergie par source photovoltaïque

L'estimation du potentiel productible en énergie solaire photovoltaïque est toujours en fonction de l'ensoleillement et de la technologie de modules. La viabilité économique d'un projet de production d'énergie par source photovoltaïque dépend de ces critères. En outre, la production de puissance varie fortement en fonction de la température, mais aussi du vieillissement global du système. Plusieurs modèles de calcul existent pour déterminer l'énergie produite par un système photovoltaïque.

V.3.2.1 Modèles de calcul

En 2004, Lu Lin [86] [87] a validé le modèle de l'équation (V-1) permettant de calculer la puissance maximale par un module en fonction de la température et de l'éclairement.

$$Pm = -(a \times G + b)\, Tc + c \times G + d \qquad (V\text{-}1)$$

où

Pm : puissance maximale produite (W)

$a,\ b,\ c, et\ d$: constantes positives pouvant être connues expérimentalement

Tc : Température de la cellule qui varie en fonction de l'éclairement et de la température ambiante

G : éclairement solaire

S. Diaf T. Markvart [88] [89] présentent le modèle de l'équation (V-2) pour calculer la puissance produite par un générateur photovoltaïque :

$$P = \eta \times S \times N \times G \qquad (V\text{-}2)$$

où

S : Surface du module photovoltaïque

G : Eclairement solaire

N : Nombre de modules constituant le champ photovoltaïque

η : Rendement du module

Ce modèle est simple et facile à mettre en œuvre en partant des données techniques du constructeur de panneau photovoltaïque dans les conditions standard.

Borowy et Salameh [90] a développé un modèle mathématique représenté par le circuit équivalent à une diode de la Figure V-5.

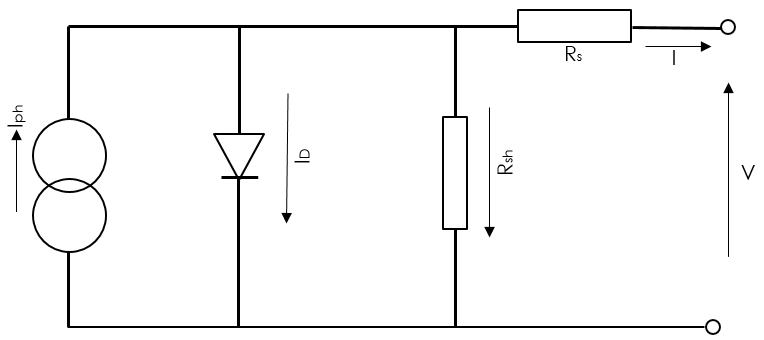


Figure V-5 : Modèle de Borowy et Salameh

(Source : Alain J.)

Le modèle tient compte des spécifications des modules photovoltaïques fournies par les constructeurs. Il permet ainsi de connaitre la puissance produite par les modules photovoltaïques [90] [91].

$$I_m = I_{cc} \times \left\{1 - \left[C_1 \times exp\left(\frac{V_m}{C_2 \times V_{co}}\right) - 1\right]\right\} + \Delta I \qquad \textit{(V-3)}$$

C_1 et C_2 sont des paramètres pouvant se calculer par les équations :

$$C_1 = \left(1 - \frac{I_{mp}}{I_{cc}}\right) \times exp\left(-\frac{V_{mp}}{C_2 \times V_{co}}\right) \qquad \textit{(V-4)}$$

$$C_2 = \frac{V_{mp} - V_{co}}{V_{co} \times ln\left(1 - \frac{I_{mp}}{I_{cc}}\right)} \qquad \textit{(V-5)}$$

ΔI est un paramètre dépendant de la différence de température et de l'éclairement solaire tel que :

$$\Delta I = \alpha_0 \times \left(\frac{G}{G_0}\right) \times \Delta T + \left(\frac{G}{G_0} - 1\right) \times I_{cc} \qquad \textit{(V-6)}$$

$$\Delta T = T_c - T_0 \qquad \textit{(V-7)}$$

La tension Vm du module est donnée par la relation :

$$V_m = V_{mp} \times \left[1 + 0.0539 \times log\left(\frac{G}{G_0}\right)\right] + \beta_0 \times \Delta T - R_s \times \Delta I \qquad (V\text{-}8)$$

La résistance série Rs est due à la contribution des résistances de base et du front de la jonction et des contacts face avant et arrière.

La puissance du modèle est alors donnée par :

$$Pm = Vm \times Im \qquad (V\text{-}9)$$

M. Belhadj et al. [92] ont effectué une étude comparative de ces modèles pour déterminer le modèle permettant d'avoir le meilleur résultat. Ils ont trouvé que le modèle de S. Diaf donne des résultats proches de celles trouvées par le modèle d'essai de Lu Lin.

V.3.2.2 Modèle adopté

Dans le cadre de ce travail nous allons adopter le modèle de S. Diaf et T. Markvart [88] [89] qui donne la puissance fournie par un système photovoltaïque par :

$$P = \eta \times S \times N \times G \qquad (V\text{-}10)$$

La quantité d'énergie produite par le système est alors donnée par l'équation :

$$W = \eta \times S \times N \times G \times t \qquad (V\text{-}11)$$

Les données du fichier météo correspondent aux données de rayonnement global G sur un plan horizontal se calcule par l'équation (V-12).

$$G_h = I_h + D_h \qquad (V\text{-}12)$$

Comme nous développons un outil de simulation de la production pouvant être utilisé sur n'importe quel endroit, il convient alors de déterminer G en fonction de l'inclinaison et de l'orientation (i,γ).

V.3.2.3 Expression du rayonnement direct reçu sur un plan quelconque

Pour un plan d'inclinaison quelconque i et d'orientation quelconque γ, le rayonnement direct reçu est exprimé par la relation (V-13).

$$I_{(i,\gamma)} = I_h \times (\sin h \times \cos i + \cos h \times \cos(\gamma - a) \times \sin i) \qquad \textit{(V-13)}$$

La hauteur angulaire h formée par le plan horizontal du lieu d'observation et la direction du soleil est donnée par la relation (V-14)

$$h = \sin^{-1}(\sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos \omega) \qquad \textit{(V-14)}$$

avec φ la latitude du lieu, δ la déclinaison du soleil et ω l'angle horaire.

La déclinaison du soleil δ correspond à l'angle formé par la direction du soleil et le plan équatorial terrestre. δ varie en fonction du jour et se calcule par la relation (V-15).

$$\delta = 23{,}45 \times \sin\left(360 \times \frac{284 + n}{365}\right) \qquad \textit{(V-15)}$$

n étant le nombre de jours écoulés depuis le 1er janvier.

L'angle horaire ω du soleil est déterminé par la rotation diurne de la terre autour de son axe. Il est exprimé en ° d'angle par la relation (V-16).

$$\omega = 15 \times (TSV - 12) \qquad \textit{(V-16)}$$

TSV étant le Temps Solaire Vrai qui correspond au Temps Solaire Local corrigé de l'équation du temps et exprimé en heures par la relation (V-17).

$$TSV = TSL + \Delta t \qquad \textit{(V-17)}$$

Le Temps Solaire Local est fonction de la longitude λ et le temps universel TU. Il est donné par la relation (V-18).

$$TSL = TU + \frac{\lambda}{15} \qquad \textit{(V-18)}$$

L'équation du temps ∆t correspond à l'écart entre le Temps Solaire Local et Temps Solaire Vrai. Pour le déterminer, Duffie et Beckman [93] ont proposé l'expression (V-19).

$$\Delta t = 229{,}2 \times (0{,}001868 \times cos(B) - 0{,}032077 \times sin(B) - 0{,}014615 \times cos(2B) - 0{,}04089 \times sin(2B)) \qquad \textit{(V-19)}$$

avec $B = (n-1)\frac{360}{365}$

Le calcul de l'angle horaire devient alors

$$\omega = 15 \times \left(TU + \frac{\lambda}{15} + \Delta t - 12\right) \qquad \textit{(V-20)}$$

L'azimut a de l'équation (V-13) définit l'angle entre le méridien du lieu et le plan vertical passant par le soleil. Il est déterminé par la relation (V-21)

$$a = sin^{-1}\left(\frac{cos\,\delta \times sin\,\omega}{cos\,h}\right) \qquad \textit{(V-21)}$$

V.3.2.4 Expression du rayonnement diffus reçu sur un plan quelconque

Pour un plan quelconque d'inclinaison i et de l'orientation γ, le calcul du rayonnement diffus fait intervenir uniquement l'inclinaison i de la surface qui permet de voir plus ou moins d'espace et d'albédo en provenance du sol. Il est donné par la formule (V-22).

$$D_{(i,\gamma)} = \frac{1 + cos\,i}{2} D_h + \frac{1 - cos\,i}{2} \times \alpha \times G_h \qquad \textit{(V-22)}$$

α est le coefficient d'albédo du sol

Par exemple, si on considère un panneau photovoltaïque incliné à 90°, le panneau ne voit que la moitié de l'espace mais l'albédo provenant du sol devient prépondérant.

V.3.2.5 Expression du rayonnement global reçu sur un plan quelconque

Le rayonnement global reçu sur un plan quelconque se détermine alors par :

$$G_{(i,\gamma)} = I_{(i,\gamma)} + D_{(i,\gamma)} \qquad \textit{(V-23)}$$

La quantité d'énergie produite par un système de production photovoltaïque est alors donnée par l'équation (V-24).

$$W_{(i,\gamma)} = \eta \times S \times N \times G_{(i,\gamma)} \times t \qquad \textit{(V-24)}$$

V.3.2.6 Algorithme pour déterminer l'énergie reçu sur un plan quelconque au pas horaire

Les étapes de calcul pour déterminer la production d'énergie solaire photovoltaïque au pas horaire d'un site donné, quel que soit l'inclinaison et l'orientation adoptées, sont résumées dans l'algorigramme de la Figure V-6

Cet algorithme est donc implanté dans chaque cellule du système de production pour obtenir la quantité d'énergie produite au pas horaire pour tous les jours de l'année.

V.3.2.7 Absence de données météo

Pour les endroits où le fichier météo fait défaut, plusieurs modèles de calcul ont déjà été élaborés pour estimer le rayonnement direct et diffus sur un plan horizontal. Kasten [94] a proposé un modèle pour déterminer l'éclairement direct dans un plan perpendiculaire au soleil. Pour le rayonnement diffus, Alain R. [95] a proposé une formule pour un modèle de ciel clair, et pour un ciel quelconque une autre formule est proposée par Bedel et citée par [95]. Pour un plan horizontal, [96] a proposé une formule pour calculer l'irradiance global pour un modèle de ciel claire et pour un ciel quelconque c'est Schuepp [97] qui a développé un modèle approprié.

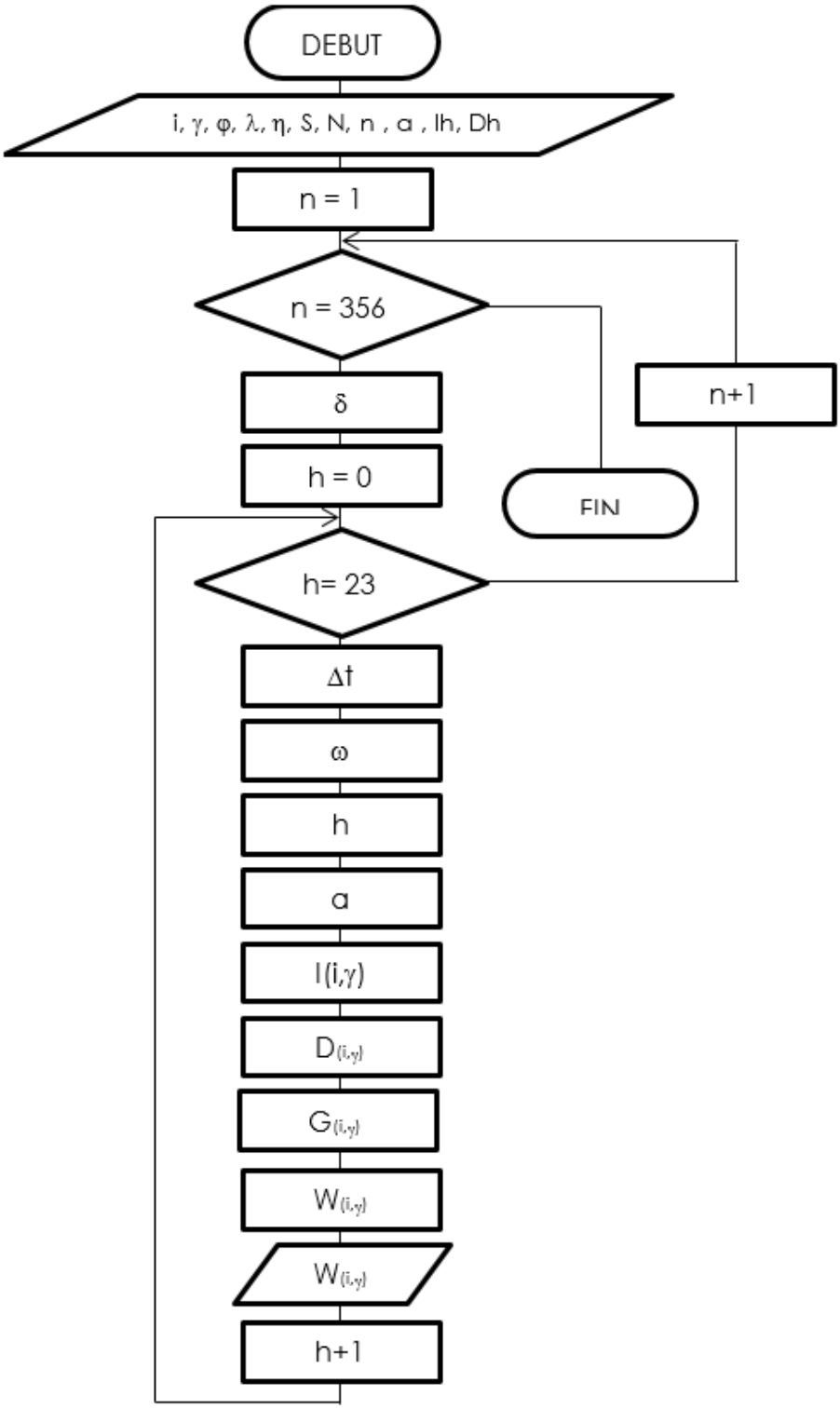


Figure V-6 : Algorithme pour l'évaluation de la production d'EnR photovoltaïque

V.3.3. La production d'énergie par source éolienne

La production d'énergie électrique par source éolienne varie fortement d'une heure à l'autre en fonction de la vitesse du vent. C'est pour cette raison que nous avons

mené une estimation au pas horaire de la production d'énergie par source éolienne en se basant sur les vitesses de vent fournies par le fichier météo.

L'énergie pouvant être obtenue d'une installation éolienne dépend aussi de la puissance de l'éolienne installée en fonction surtout de la surface totale balayée par ses pales.

En considérant un dispositif de récupération de cette énergie de surface S et en faisant l'hypothèse que la vitesse du vent est identique en chaque point de cette surface, la puissance théoriquement récupérable est donnée par la formule [98] [99].

$$P = \frac{1}{2} \times \rho o \times v \times S \times v^2 \qquad \textit{(V-25)}$$

où :

P: puissance récupérable exprimée en [Watt]
ρo: masse volumique de l'air exprimée en [kg/m3]
v: vitesse de l'air traversant le dispositif, exprimée en [m/s]
S: surface du dispositif de récupération, exprimée en [m2]

Dans la pratique la puissance réellement récupérable est inférieure à celle donnée par la formule (V-25). En effet, il faut tenir compte du coefficient de puissance Cp qui caractérise l'aptitude de conversion de l'énergie éolienne. Ce coefficient varie en fonction de la vitesse de vent. La puissance moyenne récupérable est alors donnée par la formule

$$P_{réc} = \frac{1}{2} \times \rho o \times S \times v^3 \times Cp \qquad \textit{(V-26)}$$

De la même façon que la production d'énergie par source photovoltaïque, cette formule est intégrée dans chaque cellule du système de production pour l'estimation de la production par source éolienne. Ainsi, nous disposons d'un fichier de production au pas horaire pour tous les jours de l'année.

Pour faciliter le système de pilotage, les deux systèmes de production sont regroupés en un seul système. Ce regroupement permettra de simuler séparément la

production, photovoltaïque seule ou éolienne seule. La simulation de deux systèmes de production en même temps peut se faire aussi dans le cas où le site d'implantation le permet.

V.3.4. Présentation de l'outil SP

Ce paragraphe traite la présentation de la réalisation de l'outil de simulation de la production horaire d'EnR.

V.3.4.1 Interface d'acquisition des données

Nous avons comme base des pages génériques élaborées par Nidhoimi E. [69] pour la conception de notre outil de simulation de production d'EnR en intégrant les modèles développés dans les paragraphes V.3.2 et V.3.3. La Figure V-7 montre l'interface de configuration sur laquelle sont renseignées les données techniques de la production par source éolienne. Il s'agit des données de puissance, de nombre et/ou de la surface totale balayée par les pales.

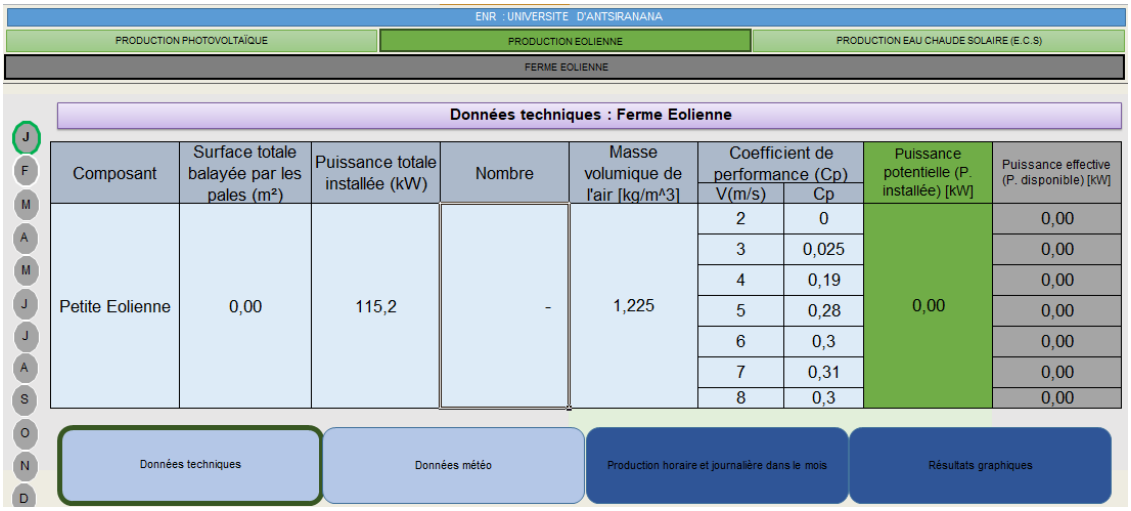


Figure V-7 : Acquisition des données de la production EnR Éolienne

La Figure V-8 illustre l'acquisition des données pour la production d'énergie par source photovoltaïque, il s'agit des données de puissance, de nombre de capteur, ou de la surface des capteurs, de l'inclinaison et de l'orientation des capteurs. En effet, la production dépend de la topographie du site d'installation en s'appuyant sur la configuration de la toiture du bâtiment [100].

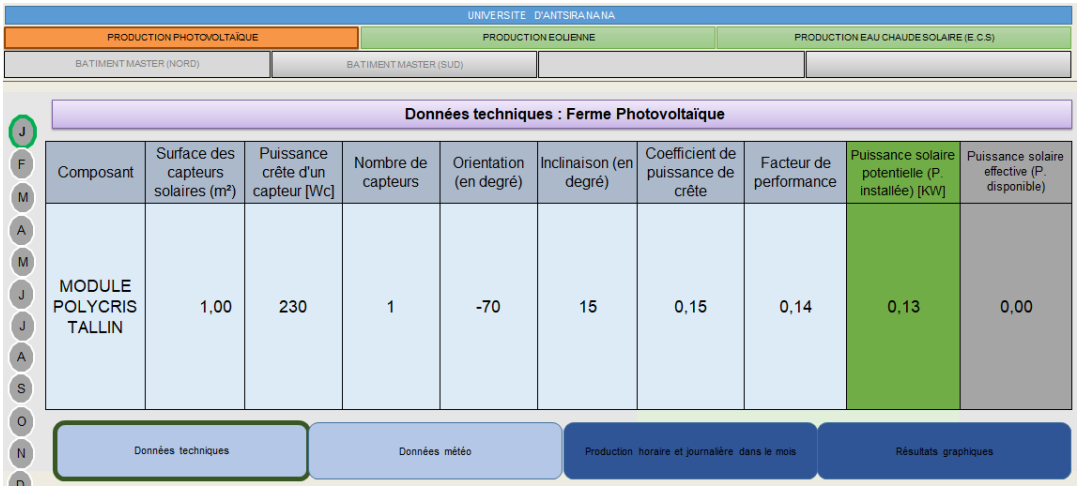


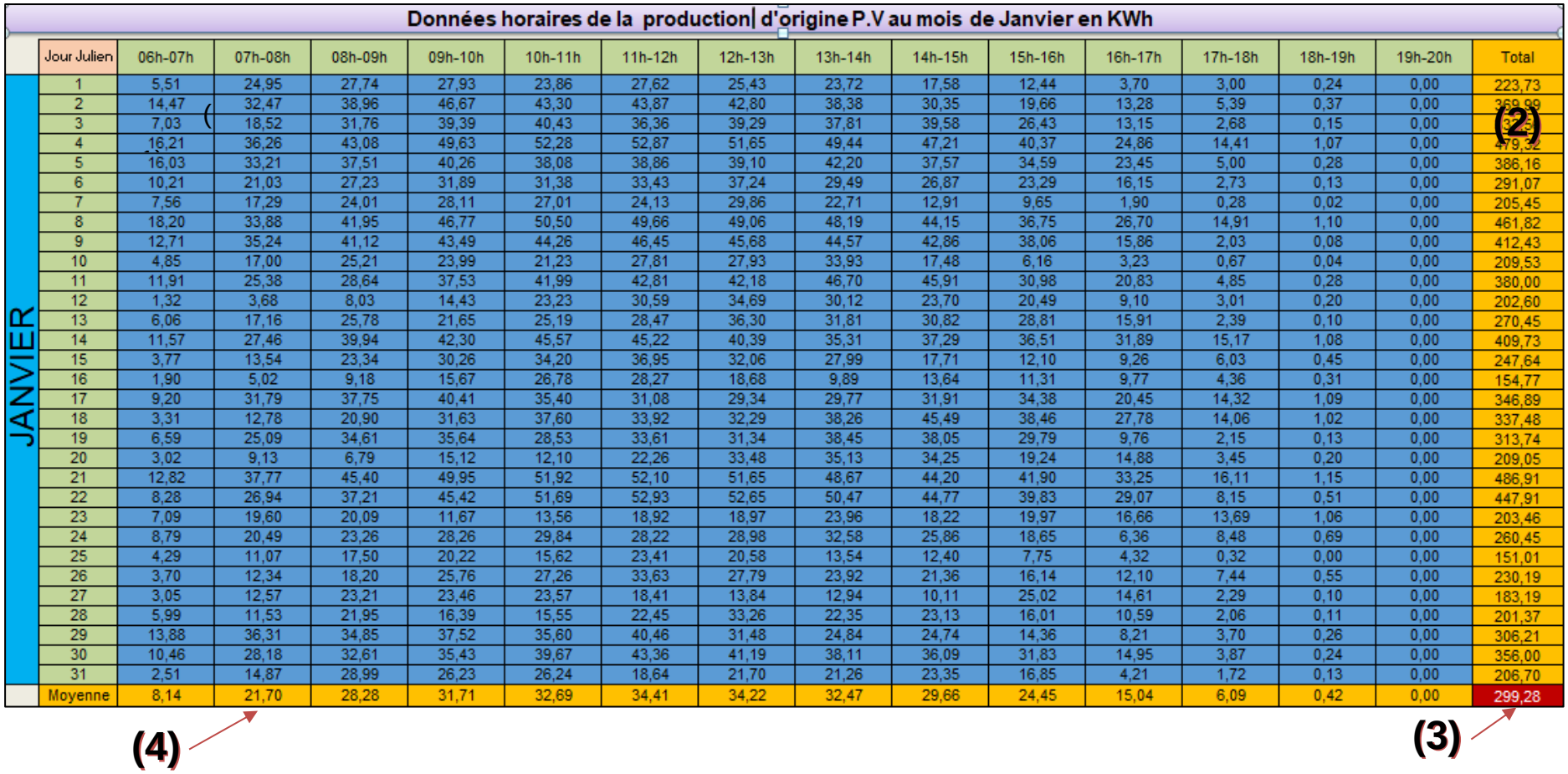
Figure V-8 : Acquisition des données de la production EnR Photovoltaïque

V.3.4.2 Données météo

Pour avoir une vue d'ensemble des données du fichier météo, nous avons procéder à une transformation en colonnes des données initiales présentées en lignes. Au final, nous avons 12 pages de données météo pour les 12 mois de l'année pour chacune de deux sources d'énergies.

V.3.4.3 Fichier de production horaire

En combinant les données techniques présentées sur les Figure V-7 et Figure V-8 avec les données météo présentées sur nous obtenons le fichier de production d'énergie horaire. Sur l'outil, nous pouvons avoir pour chacune de sources d'énergie un fichier de production horaire. Nous avons aussi la possibilité d'avoir un même fichier horaire pour les deux sources. Comme pour le fichier météo horaire, nous disposons un fichier de production horaire composé de 12 pages. La Figure V-9 montre une page de ce fichier de production horaire. Sur ce fichier, nous disposons de l'évaluation de la production pour chaque pas horaire du mois (1), de la production journalière (2), de la production mensuelle (3). Nous disposons également de la production moyenne (4) au pas horaire pour un mois considéré. Les 12 pages de production horaire (Annexe 5) vont être utilisées comme base du système de pilotage de la distribution d'énergie dans le bâtiment Master. L'outil de production a été validé par [69] aves les outils PVsyst [101] et PVGIS [102].



Données horaires de la production d'origine P.V au mois de Janvier en KWh

	Jour Julien	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	Total
JANVIER	1	5,51	24,95	27,74	27,93	23,86	27,62	25,43	23,72	17,58	12,44	3,70	3,00	0,24	0,00	223,73
	2	14,47	32,47	38,96	46,67	43,30	43,87	42,80	38,38	30,35	19,66	13,28	5,39	0,37	0,00	[illegible]
	3	7,03	18,52	31,76	39,39	40,43	36,36	39,29	37,81	39,58	26,43	13,15	2,68	0,15	0,00	[illegible]
	4	16,21	36,26	43,08	49,63	52,28	52,87	51,65	49,44	47,21	40,37	24,86	14,41	1,07	0,00	479,32
	5	16,03	33,21	37,51	40,26	38,08	38,86	39,10	42,20	37,57	34,59	23,45	5,00	0,28	0,00	386,16
	6	10,21	21,03	27,23	31,89	31,38	33,43	37,24	29,49	26,87	23,29	16,15	2,73	0,13	0,00	291,07
	7	7,56	17,29	24,01	28,11	27,01	24,13	29,86	22,71	12,91	9,65	1,90	0,28	0,02	0,00	205,45
	8	18,20	33,88	41,95	46,77	50,50	49,66	49,06	48,19	44,15	36,75	26,70	14,91	1,10	0,00	461,82
	9	12,71	35,24	41,12	43,49	44,26	46,45	45,68	44,57	42,86	38,06	15,86	2,03	0,08	0,00	412,43
	10	4,85	17,00	25,21	23,99	21,23	27,81	27,93	33,93	17,48	6,16	3,23	0,67	0,04	0,00	209,53
	11	11,91	25,38	28,64	37,53	41,99	42,81	42,18	46,70	45,91	30,98	20,83	4,85	0,28	0,00	380,00
	12	1,32	3,68	8,03	14,43	23,23	30,59	34,69	30,12	23,70	20,49	9,10	3,01	0,20	0,00	202,60
	13	6,06	17,16	25,78	21,65	25,19	28,47	36,30	31,81	30,82	28,81	15,91	2,39	0,10	0,00	270,45
	14	11,57	27,46	39,94	42,30	45,57	45,22	40,39	35,31	37,29	36,51	31,89	15,17	1,08	0,00	409,73
	15	3,77	13,54	23,34	30,26	34,20	36,95	32,06	27,99	17,71	12,10	9,26	6,03	0,45	0,00	247,64
	16	1,90	5,02	9,18	15,67	26,78	28,27	18,68	9,89	13,64	11,31	9,77	4,36	0,31	0,00	154,77
	17	9,20	31,79	37,75	40,41	35,40	31,08	29,34	29,77	31,91	34,38	20,45	14,32	1,09	0,00	346,89
	18	3,31	12,78	20,90	31,63	37,60	33,92	32,29	38,26	45,49	38,46	27,78	14,06	1,02	0,00	337,48
	19	6,59	25,09	34,61	35,64	28,53	33,61	31,34	38,45	38,05	29,79	9,76	2,15	0,13	0,00	313,74
	20	3,02	9,13	6,79	15,12	12,10	22,26	33,48	35,13	34,25	19,24	14,88	3,45	0,20	0,00	209,05
	21	12,82	37,77	45,40	49,95	51,92	52,10	51,65	48,67	44,20	41,90	33,25	16,11	1,15	0,00	486,91
	22	8,28	26,94	37,21	45,42	51,69	52,93	52,65	50,47	44,77	39,83	29,07	8,15	0,51	0,00	447,91
	23	7,09	19,60	20,09	11,67	13,56	18,92	18,97	23,96	18,22	19,97	16,66	13,69	1,06	0,00	203,46
	24	8,79	20,49	23,26	28,26	29,84	28,22	28,98	32,58	25,86	18,65	6,36	8,48	0,69	0,00	260,45
	25	4,29	11,07	17,50	20,22	15,62	23,41	20,58	13,54	12,40	7,75	4,32	0,32	0,00	0,00	151,01
	26	3,70	12,34	18,20	25,76	27,26	33,63	27,79	23,92	21,36	16,14	12,10	7,44	0,55	0,00	230,19
	27	3,05	12,57	23,21	23,46	23,57	18,41	13,84	12,94	10,11	25,02	14,61	2,29	0,10	0,00	183,19
	28	5,99	11,53	21,95	16,39	15,55	22,45	33,26	22,35	23,13	16,01	10,59	2,06	0,11	0,00	201,37
	29	13,88	36,31	34,85	37,52	35,60	40,46	31,48	24,84	24,74	14,36	8,21	3,70	0,26	0,00	306,21
	30	10,46	28,18	32,61	35,43	39,67	43,36	41,19	38,11	36,09	31,83	14,95	3,87	0,24	0,00	356,00
	31	2,51	14,87	28,99	26,23	26,24	18,64	21,70	21,26	23,35	16,85	4,21	1,72	0,13	0,00	206,70
	Moyenne	8,14	21,70	28,28	31,71	32,69	34,41	34,22	32,47	29,66	24,45	15,04	6,09	0,42	0,00	299,28

(2)

(4)

(3)

Figure V-9 : Fichier de production horaire

V.4. PRESENTATION DU SYSTEME DE CONSOMMATION

Dans le chapitre précèdent, nous avons déjà vu la modélisation du système de consommation horaire. Nous disposons comme résultat un fichier de consommation horaire comme présenté sur le Tableau IV-28. Comme la production, nous disposons de l'évaluation de la consommation pour chaque pas horaire du mois, de la consommation journalière, de la consommation mensuelle. Nous disposons également de la consommation moyenne au pas horaire pour un mois considéré.

Au final nous avons 12 fichiers de consommation horaire qui vont être utilisés également comme base du système de pilotage de la distribution d'énergie dans le bâtiment Master.

V.5. PRESENTATION DES AUTRES SYSTEME ET FICHIERS

Les autres fichiers du système de pilotage vont se comporter en fonction des données du fichier de consommation horaire et du fichier de production horaire qui ne changent pas. Par contre, l'intérêt du pilotage réside sur l'évolution du système de stockage cumulé (STO) et les fichiers de soutirage réseau (RES) en fonction de la variable D pour chaque tranche horaire tel que :

$$D = SPi - SCi \qquad (V\text{-}27)$$

En outre, on pourrait envisager un autre fichier qui va gérer le système excédent (EXC) d'énergie de la même manière que les autres systèmes.

V.6. PRESENTATION DES SCENARII DE PILOTAGE

Nous considérons 3 scénarii de pilotage de la distribution de l'énergie dans le cadre de ce travail. Il s'agit de la distribution sans stockage, la distribution avec stockage et la distribution toujours avec stockage mais avec lissage de la courbe de consommation.

V.6.1. Distribution sans stockage

Le pilotage de la distribution sans stockage consiste à prioriser la consommation au niveau du système de production d'énergie renouvelable. Lorsque ce dernier n'arrive plus à satisfaire le besoin du système de consommation, le réseau devient en appoint. En fonction de la production d'énergie renouvelable, il se peut que le SEB soutire ou injecte de l'énergie au réseau de la distribution. Plusieurs cas peuvent se

présenter. Nous allons détailler ci-après les conditions de la distribution. Dans tous les cas, ce sont les états des 3 systèmes (STO, EXC, RES) qui nous intéressent.

V.6.1.1 Cas où SP = 0

Au moment où il n'y aurait pas du tout une production d'énergie au niveau du SP. Le réseau alimentera entièrement le système de consommation.

Si $SP_i = 0$ alors $RES_i = SC_i$

$EXC_i = 0$

V.6.1.2 Cas où D=0

C'est un cas rare mais il faut le considérer pour éviter des bugs durant la simulation. Dans ce cas, la production est égale à la consommation. Le Système de Consommation va être alimenter entièrement par le Système de Production pour une tranche horaire donnée.

Si $D = 0$ alors $RES_i = 0$

$EXC_i = 0$

V.6.1.3 Cas où D>0

Dans ce cas, la production est supérieure à la consommation. Le Système de Consommation va être alimenter par le Système de Production pour une tranche horaire donnée. Mais en plus, nous pourrions avoir un excédent d'énergie D qui va être soit injecter vers le réseau ou soit utiliser pour alimenter d'autres espaces bâtis pour la même tranche horaire.

Si $D > 0$ alors $RES_i = 0$

$EXC_i = D$

V.6.1.4 Cas où D<0

Dans le cas où la production est inférieure à la consommation. Une partie du système de consommation est alimentée par la production et une autre partie par le réseau. L'état des systèmes sera défini comme ci-après.

Si $D < 0$ alors $RES_i = SC_i - SP\ i$

$EXC_i = 0$

En intégrant, toutes ces conditions dans l'outil de pilotage, nous disposons de l'état des différents systèmes pour chaque mois de l'année. Les valeurs de la variable D sont stockées dans un fichier ayant la même structure que les différents systèmes. Le Tableau V-3 montre un exemple de l'état de la variable D au pas horaire. Les valeurs du tableau indiquent une quantité d'énergie. Les valeurs négatives mettent en évidence que la production n'est pas suffisante pour alimenter le système de consommation.

Tableau V-3 : Différence entre la production et la consommation

D	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h
1	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	3,26	23,33	25,72
2	- 0,45	- 0,45	- 0,45	0,12	0,73	0,19	12,34	31,00	36,98
3	- 0,41	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	4,78	2,32	11,58
4	- 0,45	- 0,42	- 0,43	0,01	1,46	1,80	14,53	20,09	22,91
5	- 0,24	- 0,43	- 0,20	0,26	- 0,28	- 0,20	13,90	17,27	17,40
6	- 0,45	1,30	3,02	5,06	5,37	2,47	9,52	6,48	9,13
7	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	5,31	1,09	3,84
8	2,22	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	- 0,45	15,95	17,68	21,78
9	- 0,24	1,02	1,08	3,71	3,89	1,02	10,58	34,00	40,28
10	5,73	0,16	2,43	1,92	0,17	0,16	4,05	1,97	5,52
11	8,02	3,96	2,09	4,45	4,93	2,62	13,83	14,08	12,15

Le Tableau V-4 montre alors l'état du système réseau. Pour les valeurs négatives de la variable D, la consommation correspondante à ces valeurs va se réaliser au niveau du réseau.

Tableau V-4 : Etat du système réseau

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h
1	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	-	-	-
2	0,45	0,45	0,45	-	-	-	-	-	-
3	0,41	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	-	-	-
4	0,45	0,42	0,43	-	-	-	-	-	-
5	0,24	0,43	0,20	-	0,28	0,20	-	-	-
6	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	-	-	-
8	-	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	-	-	-
9	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Et au contraire pour les valeurs négatives de la variable D qui signifient que la production est supérieure à la consommation. Le Tableau V-5 montre l'excèdent de production d'énergie à injecter vers le réseau ou à distribuer aux autres espaces bâtis.

Tableau V-5 : Etat du système excèdent

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h
1	-	-	-	-	-	-	3,26	23,33	25,72
2	-	-	-	0,12	0,73	0,19	12,34	31,00	36,98
3	-	-	-	-	-	-	4,78	2,32	11,58
4	-	-	-	0,01	1,46	1,80	14,53	20,09	22,91
5	-	-	-	0,26	-	-	13,90	17,27	17,40
6	-	1,30	3,02	5,06	5,37	2,47	9,52	6,48	9,13
7	-	-	-	-	-	-	5,31	1,09	3,84
8	2,22	-	-	-	-	-	15,95	17,68	21,78
9	-	1,02	1,08	3,71	3,89	1,02	10,58	34,00	40,28
10	5,73	0,16	2,43	1,92	0,17	0,16	4,05	1,97	5,52
11	8,02	3,96	2,09	4,45	4,93	2,62	13,83	14,08	12,15

Ces tableaux ne sont que des extraits des différents systèmes, sur l'outil de système de pilotage, nous aurons des données complètes au pas horaire pour chaque système. Ces données vont permettre non seulement de voir l'état des systèmes mais surtout de dimensionner le système de production pour ce cas de pilotage de distribution sans stockage. Si nous regardons par exemple l'état du système excèdent du Tableau V-5, nous constatons que le système de production est surdimensionné pour ces valeurs trop élevées du système excédent. L'objectif pour ce scénario est de minimiser les valeurs au niveau du système excédent et du système réseau.

V.6.2. Distribution avec stockage

Cette distribution avec stockage est un scénario où nous priorisons toujours la consommation au niveau du système de production d'énergie renouvelable quand cela est possible. Lorsque ce dernier n'arrive plus à satisfaire le besoin du système de consommation c'est alors le système de stockage qui va prendre le relais. Au pire, si ces deux systèmes n'arrivent pas encore à subvenir au besoin du système de consommation, c'est là seulement que le système réseau entre en appoint.

Pour ce scénario, nous considérons toujours quatre cas. Les détails des conditions de la distribution sont donnés ci-après.

V.6.2.1 Cas où SP = 0

Au moment où il n'y aurait pas du tout une production d'énergie au niveau du SP, nous définissons une limite basse (LB) pour laquelle nous ne pouvons pas descendre. Le système de stockage peut alimenter le système de consommation jusqu' à LB.

Si $SP_i=0$ et Si $(STO_{i-1}-SC_i) \geq LB$ alors
$STO_i = STO_{i-1} - SC_i$
$RES_i = 0$
$EXC_i = 0$

Dès que la limite LB sera atteinte, le système de consommation sera alimenté par le réseau, les conditions de distribution deviennent alors comme suit :

Si $SP_i=0$ et Si $(STO_{i-1}-SC_i) < LB$ alors
$STO_i = LB$
$RES_i = SC_i – (STO_{i-1} - LB)$
$EXC_i = 0$

V.6.2.2 Cas où D=0

Dans ce cas, la production est égale à la consommation. Le Système de Consommation va être alimenter par le Système de Production pour une tranche horaire donnée. Le système de stockage reste alors à son niveau de l'instant i-1. Nous aurons l'état des systèmes suivant :

$STO_i = STO_{i-1}$
$RES_i = 0$
$EXC_i = 0$

V.6.2.3 Cas où D>0

Dans ce cas, la production est supérieure à la consommation. Le Système de Consommation va être alimenter par le Système de Production pour une tranche horaire donnée. Mais en plus, nous avons un excédent d'énergie qui va être ajouter au système de stockage pour atteindre LH. Nous aurons les conditions de distribution suivantes :

Si D>0 et Si (STO_{i-1}+(SP_i-SC_i)) ≤ LH alors $STO_i=STO_{i-1}$ +(SP_i-SC_i)
$RES_i=0$
$EXC_i=0$

A un moment donné, le niveau du système de stockage pourra atteindre la limite LH. A partir de cette limite, on peut injecter sur le réseau l'excédent ou distribuer vers les autres bâtiments.

Si D>0 et Si (STO_{i-1}+(SP_i-SC_i))>LH alors $STO_i=LH$
$RES_i=0$
$EXC_i=(SP_i - SC_i) - (LH - STO_{i-1})$

V.6.2.4 Cas où D<0

Dans ce cas, la production est inférieure à la consommation. Nous avons alors un déficit d'énergie qui va être pour l'heure considérée combler soit au niveau du réseau ou du stockage.

Dans un premier cas, nous considérons une limite basse (LB) pour laquelle on ne peut plus descendre. Le système de consommation sera alimenté à la fois par le Système de Production et le système de stockage. Les conditions de la distribution sont :

Si D<0 et Si (STO_{i-1}-(SC_i-SP_i)) ≥ LB alors $STO_i=STO_{i-1} – (SC_i-SP_i)$
$RES_i=0$
$EXC_i=0$

Si le niveau du système de stockage atteint la limite basse considérée, dans ce cas le système de production sera alimenté par le réseau. Nous aurons alors les conditions de distribution suivantes :

Si D<0 et Si (STO_{i-1}-(SC_i-SP_i)) < LB alors $STO_i= STO_{i-1} - LB$
$RES_i= (SC_i-SP_i) – (STO_{i-1} – LB)$
EXCi=0

V.6.2.5 Balayage horizontal et vertical

Les formules et les conditions des paragraphes 1 et 2 sont valables pour deux cellules adjacentes et pour le 1er jour du mois. Ensuite pour les autres jours, il suffit de

prendre, pour la première cellule du jour, comme indice i-1 la dernière cellule du jour précédent.

Le comportement du système de production et du système de consommation ainsi que la variable D reste le même que pour le scénario SANS STOCKAGE. Le comportement du système de stockage évolue en fonction de plusieurs paramètres. Il y a d'abord la Limite Haute LH qui n'est autre que la capacité de stockage voulue. Ensuite il y a la Limite Basse LB qui dans la pratique ne doit pas descendre en dessous de 20% de la capacité de stockage. Il y a aussi l'évolution des autres systèmes (SC et SP).

La gestion du système Excèdent dépend aussi de la Limite Haute LH et de la Limite Basse LB définies dans le système de stockage. Il en est de même pour le système Réseau.

Pour raison d'organisation nous nous limitons par la présentation des conditions de distribution, les résultats seront présentés sur la partie application au bâtiment Master.

V.6.3. Distribution avec stockage et lissage réseau

Ce scénario est la plus raisonnable pour un espace bâti connecté au réseau. En effet, l'application de ce scénario permet d'optimiser les dimensionnements du système de production et du système de stockage comme illustrés sur la Figure V-10.

Nous considérons toujours les différents systèmes et les conditions de distribution détaillées ci-après.

- SCi : état du système de consommation à l'instant i
- SPi : état du système de production à l'instant i
- STOi : état du système de stockage à l'instant i
- STOi-1 : état du système de stockage à l'instant i-1
- RESi : état de la consommation effectuée au réseau à l'instant i
- EXCi : état d'éventuel excèdent à l'instant i
- LH : limite haute de la capacité de stockage
- LB : limite basse de la capacité de stockage
- LR : limite de la consommation pouvant être effectuée sur le réseau

Nous introduisons la notion de limite réseau (LR) pour pouvoir éviter les pics de consommation et ainsi lisser la courbe de consommation. En effet, nous supposons qu'en dessous de la limite LR, la consommation se fera toujours sur le réseau. Le système de stockage sert à éliminer les pics de consommation ponctuels. Cela éviterait de surdimensionner le système de production.

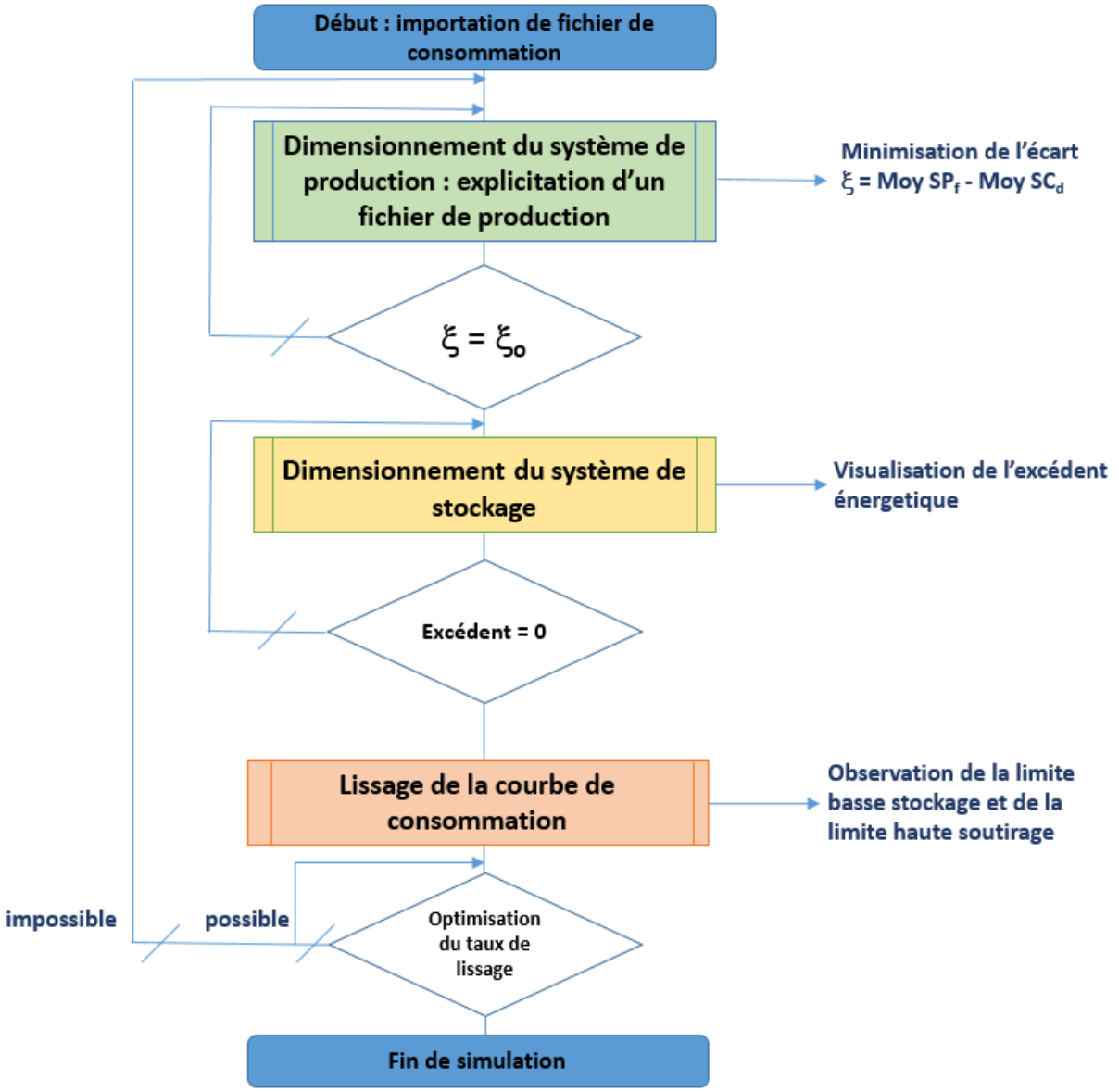


Figure V-10 : Organigramme de dimensionnement – scénario avec lissage

Pour mieux comprendre les conditions de distribution, nous illustrons par des graphiques certaines conditions.

V.6.3.1 Cas 1 : $SC_i \leq LR$

Au cas où la consommation est inférieure ou égale à la limite réseau LR, cette consommation est à soutirer au niveau du réseau et la production sert à charger le système de stockage STO. Nous considérons les conditions suivantes pour ce premier cas de figure.

a. $SC_i \leq LR$ *et* $SP_i = 0$

Si la consommation est inférieure ou égale à la limite réseau LR, et qu'il n'y a aucune production, la consommation est à réaliser au niveau du réseau. Le système de stockage reste à son état de l'instant i-1. Les autres systèmes se comportent comme suit :

$RES_i = SCi$

$STO_i = STO_{i-1}$

$EXC_i = 0$

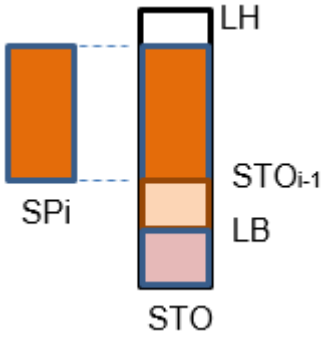
b. $SC_i \leq LR$ *et* $SP_i > 0$ *et* $STO_{i-1} + SP_i \leq LH$

Si la consommation est inférieure ou égale à la limite réseau LR, la consommation est toujours à réaliser au niveau du réseau. S'il y a une production d'EnR et que la capacité de stockage du système STO permet de récupérer en totalité cette production, la production sert alors à charger le système de STO. L'état de chaque système est donné par :

$RES_i = SCi$

$STO_i = STO_{i-1} + SP_i$

$EXC_i=0$



c. $SC_i \leq LR$ *et* $SP_i > 0$ *et* $STO_{i-1} + SP_i > LH$ *et* $SC_i \geq SP_i - (LH - STO_{i-1})$

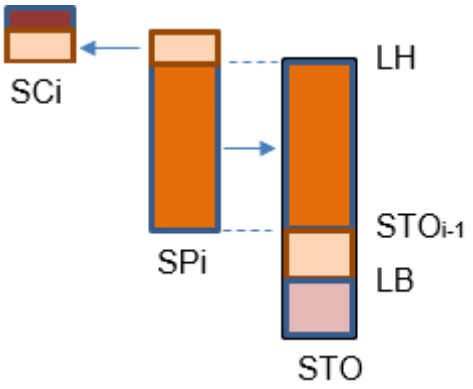
Si la consommation est inférieure ou égale à la limite réseau LR, la consommation est toujours à réaliser au niveau du réseau. S'il y a une production d'EnR et que la capacité de stockage du système STO ne permet plus de récupérer en totalité cette

production, c'est-à-dire que la limite haute du système de stockage est atteinte, le surplus de production est utilisé par le système de consommation si la consommation en question est supérieure ou égale au surplus de production.

$RES_i = SC_i – (SP_i-(LH-STO_{i-1}))$

$STO_i = LH$

$EXC_i=0$



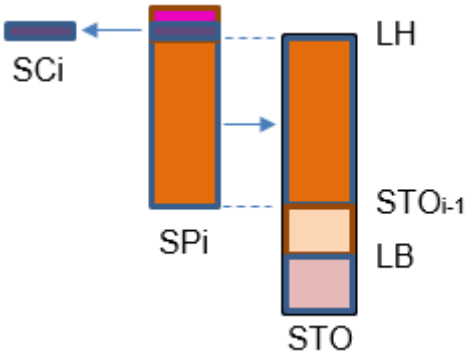
d. $SC_i \leq LR$ *et* $SP_i > 0$ *et* $STO_{i-1} + SP_i > LH$ *et* $SC_i < SP_i-(LH-STO_{i-1})$

Si le surplus de production devient supérieur à la consommation, il n'y aura plus de consommation au niveau du réseau. Le système de stockage atteignant la charge maximale, le surplus de production devient alors excédent qui sera à distribuer aux autres bâtiments du système espace bâtis ou à injecter vers le réseau.

$RES_i = 0$

$STO_i = LH$

$EXC_i = SP_i – (LH – STO_{i-1}) - SC_i$



V.6.3.2 Cas 2 : $SC_i > LR$

Au cas où la consommation est supérieure à la limite réseau imposée, on soutire toujours au moins au réseau à hauteur de cette limite. Le système de production ou le système de stockage assure la consommation restante. Plusieurs configurations peuvent se présenter.

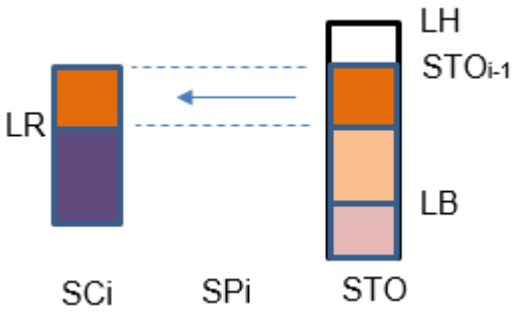
a. $SC_i > LR$ *et* $SP_i=0$ *et* $SC_i - LR < STO_{i-1} - LB$

S'il n'y a pas de production d'EnR, le surplus de consommation non réalisé au réseau est à réaliser au niveau du système de stockage si la capacité de celui-ci est suffisante.

$RES_i = LR$

$STO_i = STO_{i-1} - (SC_i - LR)$

$EXC_i = 0$



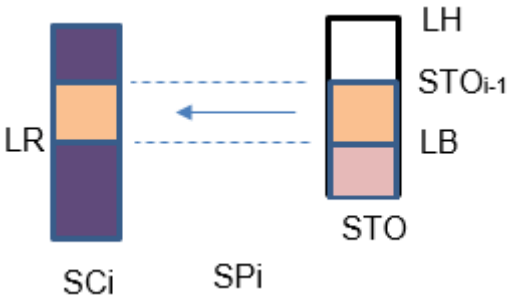
b. $SC_i > LR$ *et* $SP_i=0$ *et* $SC_i - LR \geq STO_{i-1} - LB$

S'il n'y a pas de production d'EnR et le surplus de consommation non réalisé au réseau est supérieur à la capacité restante du système de stockage, la consommation à réaliser au niveau du réseau va au-delà de la limite réseau LR.

$RES_i = SC_i - (STO_{i-1} - LB)$

$STO_i = LB$

$EXC_i = 0$



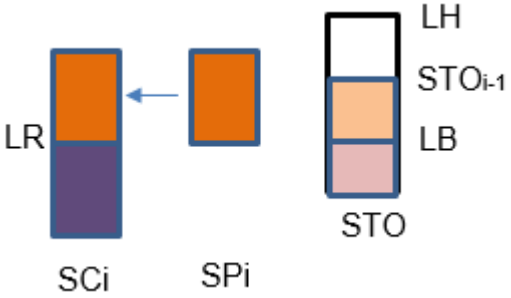
c. $SC_i > LR$ *et* $SP_i>0$ *et* $SC_i - LR = SP_i$

S'il y a une production d'EnR suffisante pour supporter le surplus de consommation non réalisé au réseau alors le système de stockage reste à son état à l'instant i-1.

$RES_i = LR$

$STO_i = STO_{i-1}$

$EXC_i = 0$



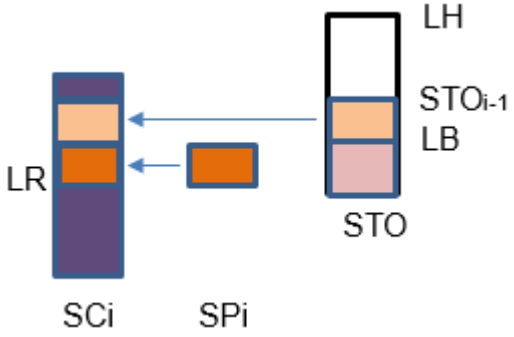
d. $SC_i > LR$ *et* $SP_i > 0$ *et* $SC_i - LR > SP_i$ *et* $STO_{i-1} - LB < SC_i - LR - SP_i$

Si la production d'EnR est inférieure au surplus de consommation non réalisé au réseau alors une partie de la consommation est assurée par la production d'EnR. Une autre partie est assurée par l'énergie restante au niveau du système de stockage. La consommation restante sera à soutirer au niveau du réseau.

$RES_i = SC_i - SP_i - (STO_{i-1} - LB)$

$STO_i = LB$

$EXC_i = 0$



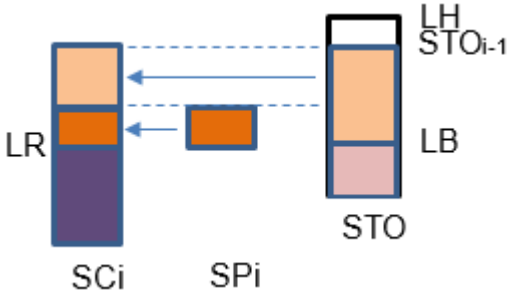
e. $SC_i > LR$ *et* $SP_i > 0$ *et* $SC_i - LR > SP_i$ *et* $STO_{i-1} - LB \geq SC_i - LR - SP_i$

Si la capacité de stockage est supérieure au surplus de consommation non satisfaite par la production d'EnR alors une partie de la consommation correspondante à LR est réalisée au niveau du réseau, une autre partie réalisée au niveau de la production d'EnR, la partie restante au niveau du système de stockage

$RES_i = LR$

$STO_i = STO_{i-1} - (SCi - LR - SP_i)$

$EXC_i = 0$



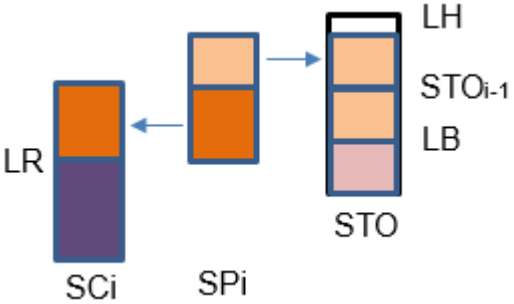
f. $SC_i > LR$ *et* $SP_i > 0$ *et* $SC_i - LR < SP_i$ *et* $SP_i - (SC_i - LR) \leq LH - STO_{i-1}$

Si le surplus de consommation non soutiré au réseau est inférieur à la production d'EnR alors une partie de cette production est utilisée pour satisfaire la consommation. Une autre partie de la production est utilisée pour charger le système de stockage

$RES_i = LR$

$STO_i = STO_{i-1} + SP_i - (SC_i - LR)$

$EXC_i = 0$



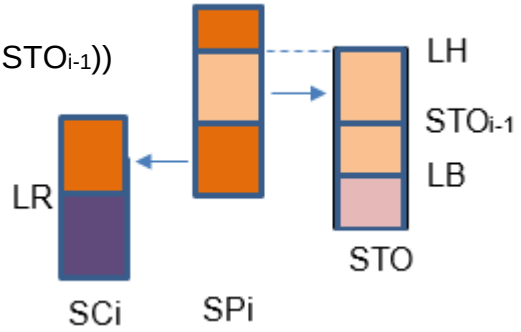
g. *$SC_i > LR$ et $SP_i > 0$ et $SC_i - LR < SP_i$ et $SP_i - (SC_i - LR) > LH - STO_{i-1}$ et $LR \geq SP_i - (SC_i - LR) - (LH - STO_{i-1})$*

Si le système de stockage est plein et qu'il reste encore une partie de production, celle-ci va être utilisée pour diminuer le soutirage réseau.

$RES_i = LR - (SP_i - (SC_i - LR) - (LH - STO_{i-1}))$

$STO_i = LH$

$EXC_i = 0$



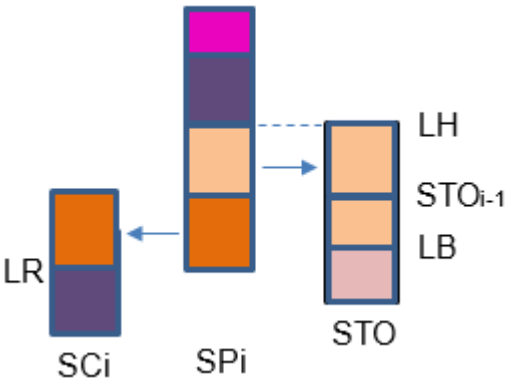
h. *$SC_i > LR$ et $SP_i > 0$ et $SC_i - LR < SP_i$ et $SP_i - (SC_i - LR) > LH - STO_{i-1}$ et $LR < SP_i - (SC_i - LR) - (LH - STO_{i-1})$*

La consommation au niveau du réseau devient 0 dans le cas où la production permet en même temps de charger le système de stockage et d'assurer entièrement la consommation. Il y aura même d'excédent d'énergie dans la meilleure condition de production.

$RES_i = 0$

$STO_i = LH$

$EXC_i = SP_i - ((SC_i - LR) - (LH - STO_{i-1}) - LR)$



V.7. REALISATION DE L'OUTIL DE PILOTAGE

Nous avons réalisé un outil de pilotage de la distribution de l'énergie basé sur les conditions de distribution qui ont été détaillées dans la section précédente. Dans sa première version, l'outil a été développé sous environnement Excel pour bien visualiser le comportement des systèmes. Une fois la version Excel stable, le développement sous un autre environnement plus approprié sera envisagé. L'idéal sera un environnement capable de traiter les données comme des matrices. En effet les différents systèmes sont conçus comme des matrices.

V.7.1. Interfaces de pilotage

L'outil de pilotage de la distribution comporte plusieurs interfaces permettant de configurer les systèmes, de simuler leur comportement et de voir les résultats de simulation afin de dimensionner le système de production et le système de stockage.

V.7.1.1 Interface de configuration

La Figure V-11 montre l'interface conçue pour la configuration du système de pilotage. Cette interface permet de charger les fichiers horaires de production et de consommation, de paramétrer les données du système de production. Ce sont surtout les données de base qu'on peut modifier sur cette interface. Toutefois, les autres paramètres peuvent être modifier directement sur le fichier horaire de production.

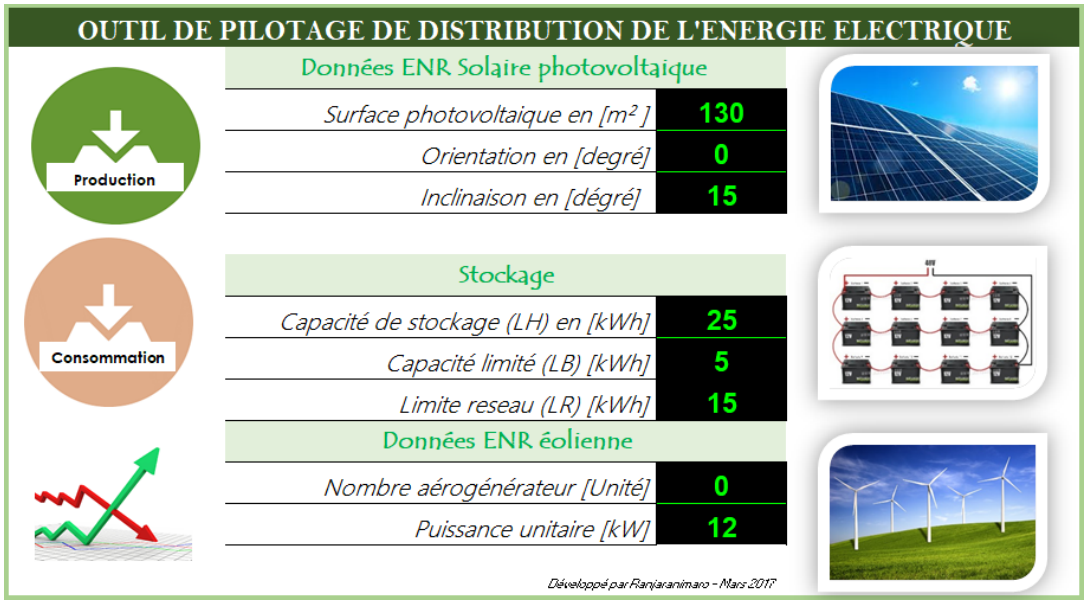


Figure V-11 : Interface de configuration du système

Nous pouvons également caractériser le système de stockage en indiquant la capacité de stockage (LH) et la profondeur de décharge (LB). Nous pouvons en outre définir la limite réseau permettant le lissage de la courbe de consommation.

V.7.1.2 Interface de simulation

A partir des données de configurations de la Figure V-11 nous pouvons voir les résultats de la simulation de la distribution. La Figure V-12 montre les données issues de la simulation à l'échelle mensuelle et annuelle. Nous pouvons apercevoir la quantité d'énergie exprimée en kWh mise en jeu dans chaque système.

Résultats mensuels	Production	Consommation totale	Consommation ENR	Consommation Réseau (Input)	Excedent (Output)	Résultats Graphique
Janvier	3 014,20	4 513,90	1 861,54	2 652,36	1 152,67	
Fevrier	2 883,96	4 337,67	1 864,94	2 472,73	1 019,03	
Mars	2 986,73	4 908,71	1 948,99	2 959,72	1 037,74	
Avril	2 182,39	4 189,77	1 434,80	2 754,97	747,59	
Mai	2 989,69	3 835,93	1 752,60	2 083,33	1 237,09	
Juin	2 865,98	3 813,21	1 747,13	2 066,08	1 118,84	
Juillet	2 978,47	3 322,19	1 661,38	1 660,81	1 317,09	
Août	3 250,29	3 495,80	1 886,89	1 608,92	1 363,40	
Septembre	3 983,29	5 623,52	2 560,04	3 063,48	1 423,25	
Octobre	3 659,04	5 999,20	2 479,99	3 519,21	1 179,05	
Novembre	3 513,70	6 076,09	2 427,19	3 648,90	1 086,51	
Décembre	3 409,58	5 850,65	2 313,18	3 537,47	1 096,40	
	37 717,30	**55 966,65**	**23 938,65**	**32 028,00**	**13 778,65**	

Figure V-12 : Données de simulation de la distribution

Nous pouvons aussi analyser les données de la simulation à l'échelle d'une journée ou même à l'échelle horaire tout au long de l'année. Ces données peuvent être visualisées sous forme de fichier horaire (tableau) ou sous forme graphique. Les données du système de stockage sont des données cumulées permettant de voir l'évolution de sa capacité en fonction de la production (charge) et de la consommation. La Figure V-13 montre par exemple le fichier horaire du système de stockage pour un

mois donné. Les colonnes indiquent le numéro de jour du mois, les lignes correspondent aux heures de la journée. Les données de ce système sont cumulées. La couleur verte indique que le système de stockage est plein tandis que la couleur rouge montre que le système est à sa décharge autorisée. Cette mise en forme est dynamique c'est-à-dire à chaque simulation chaque cellule peut changer de couleur automatiquement. Cela permet déjà d'avoir une idée de pré dimensionnement des systèmes. S'il y a par exemple trop de couleur verte, cela indique par exemple que le système de production est surdimensionné, il en de même pour le système de stockage. A ce moment-là, nous pouvons continuer la simulation en diminuant la surface de la production photovoltaïque par exemple et de voir à nouveau le comportement du système. C'est de cette façon-là que nous pouvons affiner notre dimensionnement final des systèmes.

.

STO	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h
1	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,26	13,24	8,00	8,00	8,85	16,92	26,28	35,79	27,73	17,08	8,00	9,29	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35
2	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,68	8,00	8,00	8,00	12,21	19,30	27,52	37,19	29,71	19,51	8,00	9,70	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76
3	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	10,37	9,81	8,00	8,00	12,69	21,92	36,52	40,00	35,00	25,91	12,26	14,11	14,18	14,18	14,18	14,18	14,18	14,18
4	14,18	14,18	14,18	14,18	14,18	14,18	14,75	14,73	14,37	13,95	21,72	33,44	40,00	40,00	34,55	26,56	12,57	13,34	13,38	13,38	13,38	13,38	13,38	13,38
5	13,38	13,38	13,38	13,38	13,38	13,38	13,94	14,47	13,86	13,27	21,06	34,01	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
6	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
7	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	39,80	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	36,67	30,03	16,83	17,85	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
8	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	18,46	18,52	16,29	13,79	20,91	33,11	40,00	40,00	33,31	23,64	9,21	9,96	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
9	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,21	8,00	8,00	8,00	8,00	11,50	17,68	22,68	11,31	8,00	8,00	8,88	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93
10	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	9,40	8,00	8,00	8,00	8,00	11,27	16,87	20,41	8,00	8,00	8,00	8,48	8,51	8,51	8,51	8,51	8,51	8,51
11	8,51	8,51	8,51	8,51	8,51	8,51	8,78	8,00	8,00	8,00	9,11	13,50	19,67	25,62	14,85	8,00	8,00	8,97	9,03	9,03	9,03	9,03	9,03	9,03
12	9,03	9,03	9,03	9,03	9,03	9,03	9,67	9,55	8,00	8,00	15,39	28,77	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
13	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
14	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	38,63	36,59	35,50	40,00	40,00	40,00	40,00	33,56	23,72	8,16	9,40	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
15	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,91	10,28	10,14	9,77	18,30	32,74	40,00	40,00	36,91	29,88	16,20	16,90	16,94	16,94	16,94	16,94	16,94	16,94
16	16,94	16,94	16,94	16,94	16,94	16,94	17,48	17,43	15,20	11,73	15,31	23,17	36,75	40,00	35,92	28,92	15,99	16,92	16,96	16,96	16,96	16,96	16,96	16,96
17	16,96	16,96	16,96	16,96	16,96	16,96	17,50	16,60	13,23	10,66	15,67	24,96	36,05	40,00	35,74	25,79	10,32	10,75	10,77	10,77	10,77	10,77	10,77	10,77
18	10,77	10,77	10,77	10,77	10,77	10,77	11,19	11,59	11,28	11,54	21,60	37,57	40,00	40,00	37,54	30,13	15,64	16,22	16,25	16,25	16,25	16,25	16,25	16,25
19	16,25	16,25	16,25	16,25	16,25	16,25	16,67	17,07	17,08	17,20	26,81	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
20	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
21	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	39,37	37,55	34,89	39,21	40,00	40,00	40,00	32,36	23,40	10,25	11,55	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59
22	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	12,06	12,72	12,59	11,64	16,97	27,04	39,83	40,00	33,69	23,45	8,00	8,36	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37
23	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	8,94	9,22	8,35	8,00	8,00	14,56	25,31	39,21	30,37	17,20	8,00	8,45	8,47	8,47	8,47	8,47	8,47	8,47
24	8,47	8,47	8,47	8,47	8,47	8,47	8,94	8,78	8,41	8,00	14,14	24,44	35,54	40,00	31,02	20,84	8,00	8,43	8,45	8,45	8,45	8,45	8,45	8,45
25	8,45	8,45	8,45	8,45	8,45	8,45	8,91	8,00	8,00	8,00	12,28	20,96	24,52	29,84	20,25	8,00	8,00	8,46	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49
26	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	8,93	8,00	8,00	8,00	8,00	11,54	18,65	27,97	36,15	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
27	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
28	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	39,70	39,76	40,00	40,00	40,00	40,00	36,60	28,61	15,26	16,13	16,15	16,15	16,15	16,15	16,15	16,15
29	16,15	16,15	16,15	16,15	16,15	16,15	16,67	16,93	16,59	16,06	24,63	39,17	40,00	40,00	37,46	29,70	14,48	15,45	15,48	15,48	15,48	15,48	15,48	15,48
30	15,48	15,48	15,48	15,48	15,48	15,48	15,98	16,16	14,82	12,03	17,99	30,97	40,00	40,00	34,31	26,38	12,95	13,97	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
31	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,60	14,22	12,82	11,27	16,74	26,29	39,52	40,00	31,03	19,48	8,00	8,32	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33

Figure V-13 : Fichier horaire du système de stockage

V.8. APPLICATION AU BATIMENT MASTER

L'application de l'outil de pilotage de la distribution de l'énergie au bâtiment Master a donné les résultats de simulation que nous allons voir sur cette section. Nous avons en effet effectué plusieurs simulations avec des configurations différentes au niveaux du système de production et du système de stockage. Dans cette application, nous aborderons uniquement le système de production avec la source photovoltaïque.

V.8.1. Distribution sans stockage

V.8.1.1 Dimensionnement du système de production

Comme hypothèse, nous considérons que pour le bâtiment Master le système de stockage n'est pas vraiment nécessaire. La raison en est que c'est un bâtiment de formation où la consommation et la production se feront en même temps. Le dimensionnement du système de production se fera au niveau de l'outil de pilotage. Il s'agira de définir une surface pour les panneaux solaires photovoltaïques. Il faudrait après comparer le fichier de production horaire correspondant à la configuration choisie et le fichier de consommation horaire. Plusieurs simulations sont alors nécessaires pour avoir un bon dimensionnement. En tout cas, le fichier horaire de consommation reste fixe, il s'agit alors de minimiser les excédents de production que nous ne pouvions pas stocker tout en satisfaisant la consommation.

a. Prédimensionnement

La surface maximale disponible sur la toiture est de 540 m² et nous supposons que le système de production a une inclinaison (15°) et une orientation (0°) fixes. Nous partons de cette surface maximale pour un prédimensionnement à l'échelle de l'année. Après nous analysons à l'échelle d'une journée le prédimensionnement choisi.

Le Tableau V-6 montre alors le prédimensionnement du système de production.

Tableau V-6 : Prédimensionnement du système de production

Surface [m2]	Production [kWh]	Consommation [kWh]	Consommation EnR [kWh]	Consommation Réseau [kWh]	Excédent [kWh]
540	156 671	55 966	46 854	9 112	109 817
400	116 053	55 966	44 237	11 728	71 815
300	87 039	55 966	40 424	15 542	46 615
200	58 026	55 966	32 318	23 648	25 708
100	29 013	55 966	19 499	36 467	9 513

b. Interprétations

Le Tableau V-6 nous montre que si nous exploitons la surface totale exploitable de la toiture du bâtiment M (540m²), nous aurons une production annuelle trois fois supérieure à la consommation annuelle. Nous constatons alors que deux tiers de la production constituent d'excédent de production. Toutefois nous remarquons que malgré le surplus de production, nous soutirons toujours tant d'énergie sur le réseau. En effet, durant les nuits et les moments où il n'a pas de production, le système de consommation soutire toujours de l'énergie sur le réseau. En outre, nous avons une production d'énergie maximale à midi pour chaque journée, alors que le système de consommation est presque à l'arrêt à cette heure de la journée. Si nous gardons cette configuration l'idéal serait d'avoir 3 bâtiments fonctionnant comme le bâtiment Master pour rentabiliser l'installation.

Si nous prenons la surface de 200 m², nous aurons à peu près la même quantité d'énergie de production et de consommation annuelle. Sauf qu'il y aura toujours de soutirage réseau importante et même d'excédent de production.

En tout cas, nous pouvons dire que quel que soit la surface adoptée, nous aurons toujours d'excédent de production proportionnelle à cette surface. Nous aurons aussi de soutirage réseau à faire toujours en fonction de la surface.

Comme l'objectif du système de pilotage est de minimiser l'excédent de production, nous allons adopter la surface de 200 m² de production photovoltaïque. La surface de 100 m², est exclue parce que dans ce cas il y aura plus de consommation réseau que de consommation EnR.

V.8.1.2 Résultats de la simulation

a. Configuration du système de production

La Figure V-14 montre l'acquisition des données de production, une surface de 200m², inclinaison de 15° et orientation de 0° sur l'outil de pilotage.

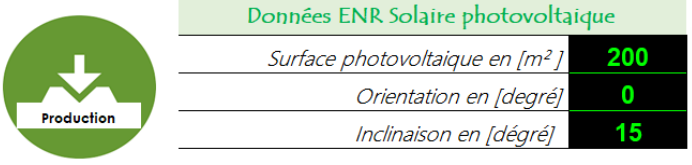


Figure V-14 : Acquisition de données – distribution sans stockage

b. Analyses des résultats

Avec ces données, nous pouvons voir sur Figure V-15 les résultats de la simulation à l'échelle mensuelle et annuelle. Nous constatons que la production annuelle est presque identique à la consommation annuelle. Même si nous avons assez de production, presque la moitié de la consommation est assurée par le réseau. La moitié de la production ne constitue que des excédents. En effet la consommation pendant les nuits, une bonne partie des matinées et la fin des après-midis se fait au niveau du réseau. Par contre une bonne partie de la production aux environs du midi ne seront pas utilisés et vont constituer d'excédent de production.

Résultats mensuels	Production	Consommation totale	Consommation ENR	Consommation Réseau (Input)	Excedent (Output)	Résultats Graphique
Janvier	4 637,23	4 513,90	2 553,54	1 960,36	2 083,69	
Fevrier	4 436,87	4 337,67	2 532,08	1 805,58	1 904,78	
Mars	4 594,97	4 908,71	2 663,23	2 245,48	1 931,74	
Avril	3 357,52	4 189,77	1 973,94	2 215,83	1 383,58	
Mai	4 599,52	3 835,93	2 336,39	1 499,54	2 263,13	
Juin	4 409,20	3 813,21	2 326,49	1 486,72	2 082,71	
Juillet	4 582,26	3 322,19	2 174,96	1 147,23	2 407,30	
Août	5 000,44	3 495,80	2 465,95	1 029,85	2 534,48	
Septembre	6 128,14	5 623,52	3 431,74	2 191,77	2 696,39	
Octobre	5 629,29	5 999,20	3 373,15	2 626,05	2 256,13	
Novembre	5 405,69	6 076,09	3 324,69	2 751,40	2 081,00	
Décembre	5 245,51	5 850,65	3 162,02	2 688,63	2 083,48	
	58 026,62	**55 966,65**	**32 318,20**	**23 648,46**	**25 708,43**	

Figure V-15 : Résultats de la simulation à l'échelle mensuelle et annuelle – pilotage sans stockage

La Figure V-16 montre l'évolution mensuelle de la consommation du bâtiment Master au niveau du réseau et en même temps l'excédent de production qui peut être injecter vers le réseau ou distribuer vers les autres bâtiments de l'espace bâti. Nous constatons que durant la période hivernale nous aurons plus d'excédent du fait que

durant cette période les équipements du poste de consommation confort ne fonctionnent pas et surtout qu'il y aura moins de consommation parce que nous avons défini une période de vacances durant la saison hivernale. Par contre durant la saison estivale, les équipements de confort fonctionnent, nous constatons que l'excédent est beaucoup plus faible que la consommation au niveau du réseau.

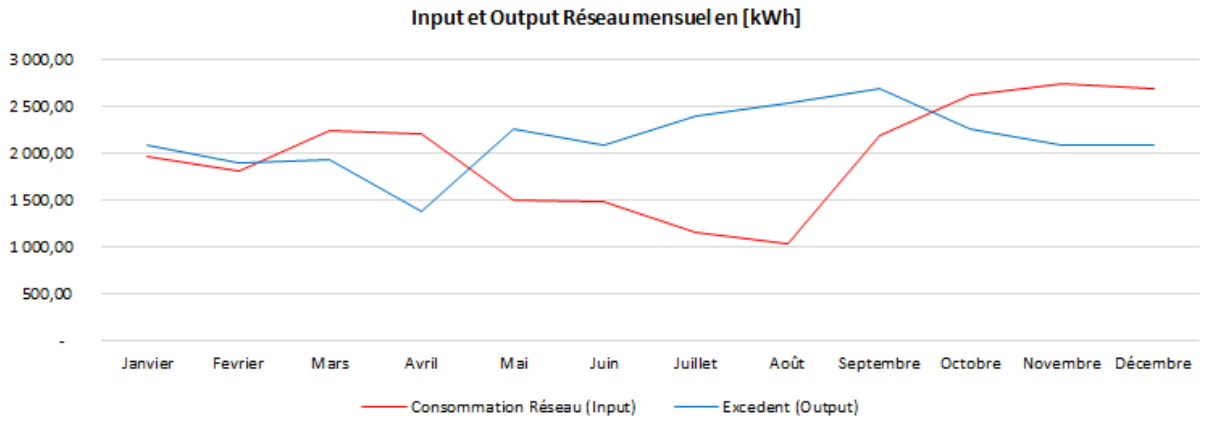


Figure V-16 : Evolution mensuelle du système réseau – soutirage et excédent (SS)

La Figure V-17 montre l'évolution mensuelle des systèmes de production et de consommation. Le prédimensionnement que nous avons réalisé a permis d'avoir une allure quasi identique des courbes de ces deux systèmes.

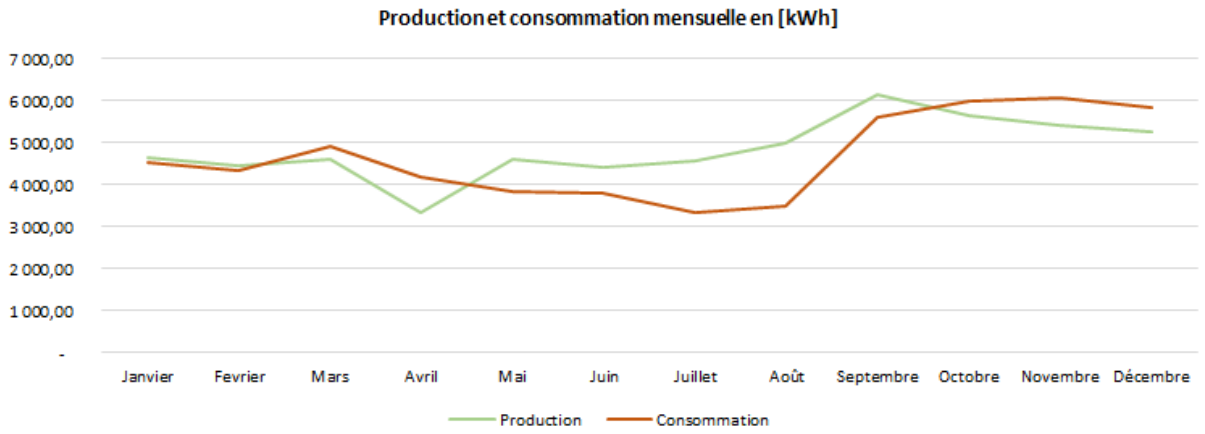


Figure V-17 : Evolution mensuelle des systèmes de production et de consommation (SS)

La Figure V-18 montre l'état de chaque système pour une journée type (mois de juin). Nous remarquons bien sur cette figure qu'entre 12h et 14h, il y a une évolution importante de l'excédent de production. La raison en est que pour cette tranche horaire nous constatons une augmentation de la production et en même temps une diminution

de la consommation due à la pause de midi. Nous remarquons également qu'au début et la fin de la journée, il y a une demande d'énergie au niveau du réseau parce que la consommation reste supérieure à la production. Une augmentation de la surface de production ne permet pas de résoudre cette soutirage réseau. Au contraire cette augmentation ne fera qu'augmenter encore plus la production entre 12h et 14h et ainsi l'excédent comme illustrée sur la Figure V-19 avec une surface de 400m² pour. Cette constatation est toujours valable pour tous les jours de l'année.

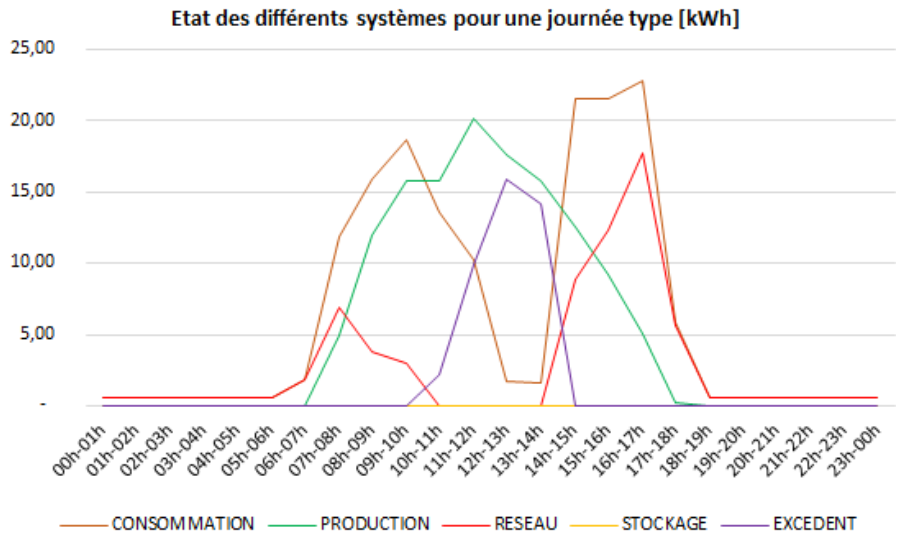


Figure V-18 : Etat journalier des différents systèmes - surface 200 m²

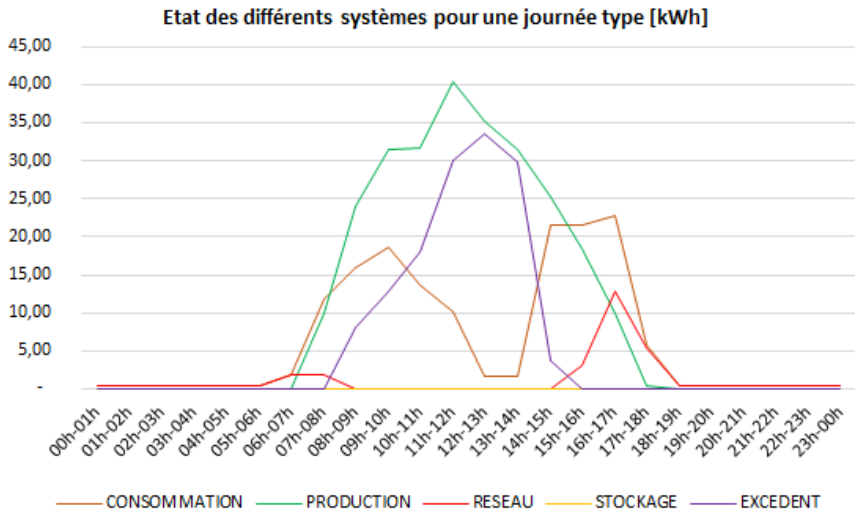


Figure V-19 : Etat journalier des différents systèmes w- surface 400 m²

Pour ce premier scénario de distribution sans stockage, nous considérons la surface 200 m² comme bonne. Mais nous pouvons s'apercevoir que ce scénario est

loin d'être le meilleur pour notre bâtiment. Dans le paragraphe suivant nous allons voir le scénario avec stockage qui permet de stocker l'excédent d'énergie en vue d'une utilisation durant les moments où la production n'est pas suffisante et ou nulle.

V.8.2. Distribution avec stockage

Nous allons garder la surface de 200 m² pour le système de stockage pour ce scénario. En effet nous constatons tout au long de l'année qu'il y a beaucoup de consommation à faire sur le réseau et en même temps il y a également de l'excédent d'énergie. Ce scénario de distribution permettra une analyse de la mise en œuvre d'un système de stockage.

V.8.2.1 Dimensionnement du système de stockage

a. Prédimensionnement

En faisant la somme des excédents d'énergie horaire pour chaque journée nous obtenons une certaine quantité d'énergie. Cette quantité d'énergie nous intéresse dans ce scenario avec stockage. En effet, la capacité du stockage devrait permettre d'emmagasiner les excédents. La Figure V-20 montre la moyenne mensuelle et la moyenne annuelle de l'excédent d'énergie journalière. Nous pouvons en déduire qu'une capacité de stockage de 70 kWh est suffisante pour le cas du bâtiment Master qui a une surface de 200 m².

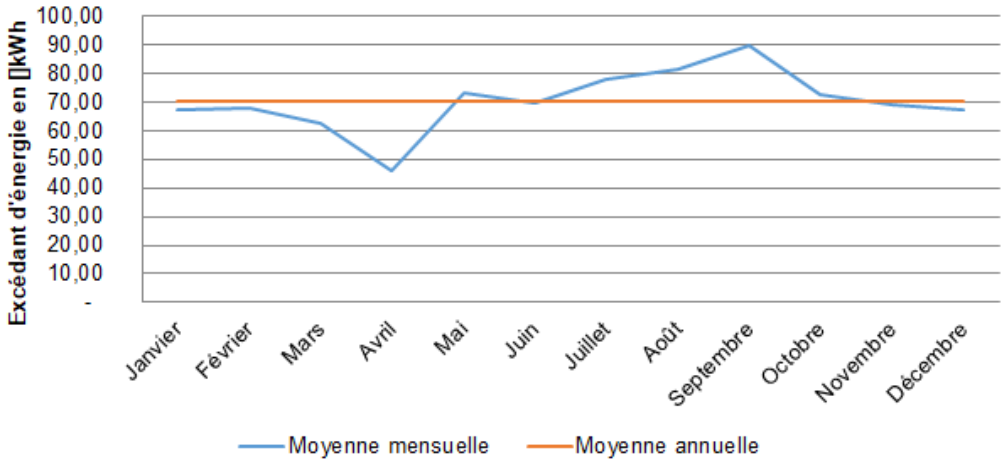


Figure V-20 : Moyenne mensuelle et annuelle de l'excédent d'énergie journalière

En analysant en détails, les jours de l'année nous pouvons observer que durant les jours fériés et les week-end, l'excédent d'énergie peut monter jusqu'à 120 kWh.

Toutefois, installer un système de stockage de cette capacité n'est pas nécessaire. Certes il n'y aura plus d'excédent mais le coût d'investissement serait conséquent.

V.8.2.2 Résultats de la simulation

a. Configuration du système de production et de stockage

La Figure V-21 montre l'acquisition des données de production et de stockage sur l'outil de pilotage. La surface de production est de 200m², avec une inclinaison de 15° et une orientation de 0°. La capacité de stockage (limite haute) est de 70 kWh et la capacité de décharge de 14 kWh (limite basse).

Données ENR Solaire photovoltaique	
Surface photovoltaique en [m²]	200
Orientation en [degré]	0
Inclinaison en [dégré]	15

Stockage	
Capacité de stockage (LH) en [kWh]	70
Capacité limité (LB) [kWh]	14

Figure V-21 : Acquisition de données – distribution avec stockage

b. Analyses des résultats

Les résultats de la simulation pour les configurations de la Figure V-21 sont résumés sur la Figure V-22. Nous obtenons des résultats mensuel et annuel de chaque système. Nous constatons au niveau annuel que la mise en place du système de stockage a diminué la consommation au réseau et aussi l'excédent de l'énergie par rapport au premier scenario (Figure V-15). En effet la consommation au réseau a baissé de 23 648 kWh à 9 962 kWh. Il en est de même pour l'excédent qui passe de 25 708 kWh à 16 732 kWh. La part de la consommation d'EnR a aussi augmenté de 32 318 kWh à 46 004 kWh.

La Figure V-16 montre l'évolution mensuelle de la consommation du bâtiment Master au niveau du réseau. Nous constatons durant la période hivernale que la consommation au niveau du réseau est quasiment nulle. Le système de stockage a donc vraiment joué son rôle. Par contre il y a toujours d'excédents de production qui peuvent être injecter vers le réseau ou distribuer vers les autres bâtiments de l'espace

bâti. En poussant l'analyse au niveau journalier, nous constatons que les excédents d'énergie correspondent à la production non consommée durant les week-end et jours fériés.

Résultats mensuels	Production	Consommation totale	Consommation ENR	Consommation Réseau (Input)	Excedent (Output)	Résultats Graphique
Janvier	4 637,23	4 513,90	3 679,88	834,02	1 469,03	
Fevrier	4 436,87	4 337,67	3 554,43	783,24	1 198,66	
Mars	4 594,97	4 908,71	3 754,44	1 154,27	1 110,29	
Avril	3 357,52	4 189,77	2 877,17	1 312,60	589,63	
Mai	4 599,52	3 835,93	3 459,88	376,05	1 563,52	
Juin	4 409,20	3 813,21	3 516,12	297,09	1 348,78	
Juillet	4 582,26	3 322,19	3 131,68	190,51	1 814,96	
Août	5 000,44	3 495,80	3 484,00	11,81	1 936,18	
Septembre	6 128,14	5 623,52	4 812,21	811,30	1 815,58	
Octobre	5 629,29	5 999,20	4 731,94	1 267,26	1 530,44	
Novembre	5 405,69	6 076,09	4 595,03	1 481,06	1 119,75	
Décembre	5 245,51	5 850,65	4 407,95	1 442,70	1 235,82	
	58 026,62	**55 966,65**	**46 004,72**	**9 961,93**	**16 732,64**	

Figure V-22 : Résultats de la simulation à l'échelle mensuelle et annuelle – pilotage avec stockage

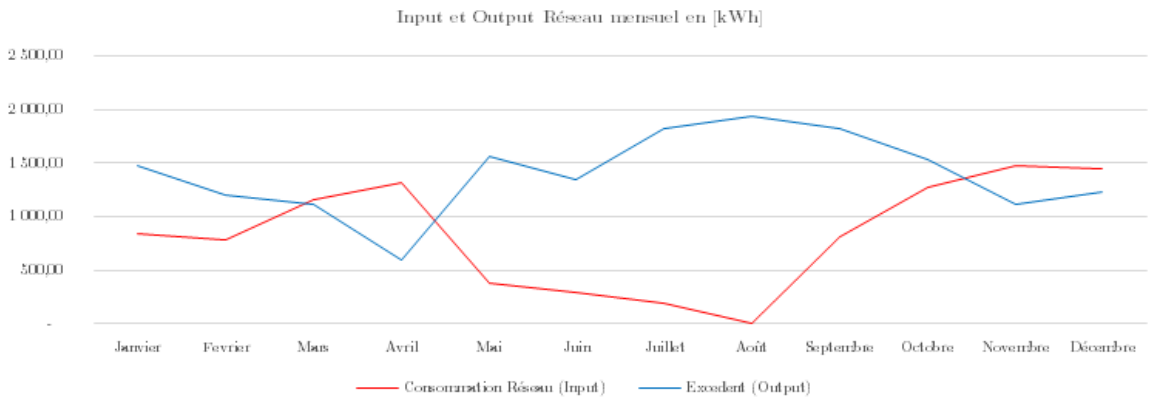


Figure V-23 : Evolution mensuelle du système réseau – soutirage et excédent (AS)

La Figure V-24 montre l'état des systèmes pour la même journée type que nous avons traité sur le premier scénario (mois de juin). Nous remarquons bien sur cette figure que la mise en place d'un système de stockage a pu minimiser, voire annuler la consommation au réseau. En effet, pour les pics de consommations observés durant les horaires de travail, c'est le système de stockage qui entre en appoint au système de production pour satisfaire les besoins d'électricité du bâtiment.

Nous remarquons également qu'entre 12h et 14h, il y a toujours de l'excédents de production. La raison en est que pour cette tranche horaire nous constatons une augmentation de la production et en même temps une diminution de la consommation due à la pause de midi. En plus pour ces tranches horaires, le système de stockage est plein. Nous observons ces comportements des systèmes pour la plupart des jours ouvrables de l'année dès que la météo permettrait un bon ensoleillement.

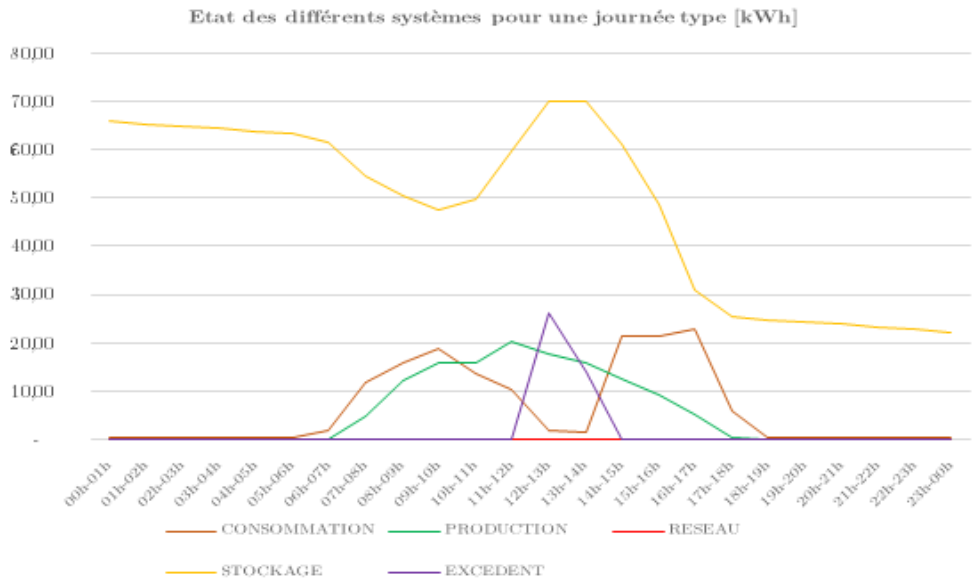


Figure V-24 : Etat journalier des différents systèmes (AS)

Une observation sur 48 h de deux jours successifs de mauvais ensoleillement en période hivernale permet de voir sur la Figure V-25 que malgré la mise en place d'un système de stockage, il a quand même une soutirage réseau au début et à la fin de la journée. Par contre même en période d'hiver, si nous avons de bon ensoleillement, la Figure V-26 montre que le système de production et le système de stockage peuvent satisfaire la demande en énergie du bâtiment. Les Figure V-27 et Figure V-28 montrent qu' il y a aura toujours de soutirage réseau en période estivale durant laquelle nous observons une bonne production d'EnR. Cela est due la forte utilisation des équipements de conforts durant cette période

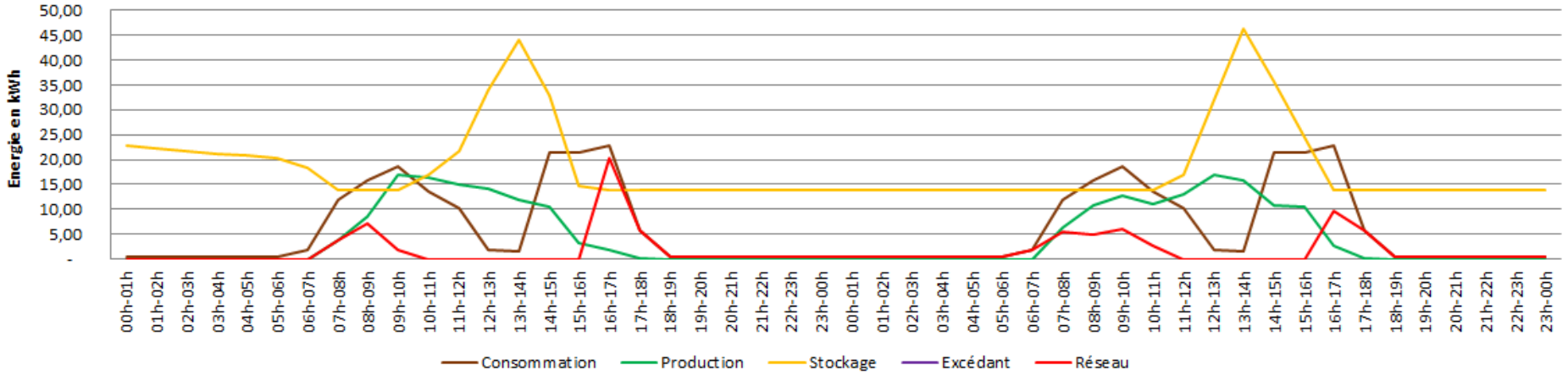


Figure V-25 : Etat des systèmes pour deux jours successifs moins ensoleillés (hiver)

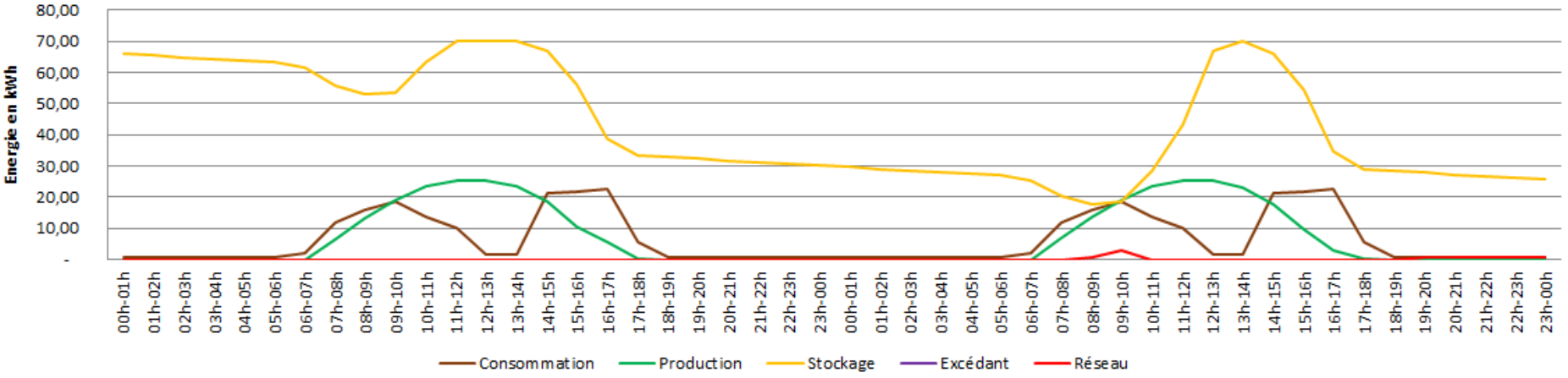


Figure V-26 : Etat des systèmes pour deux jours successifs plus ensoleillés (hiver)

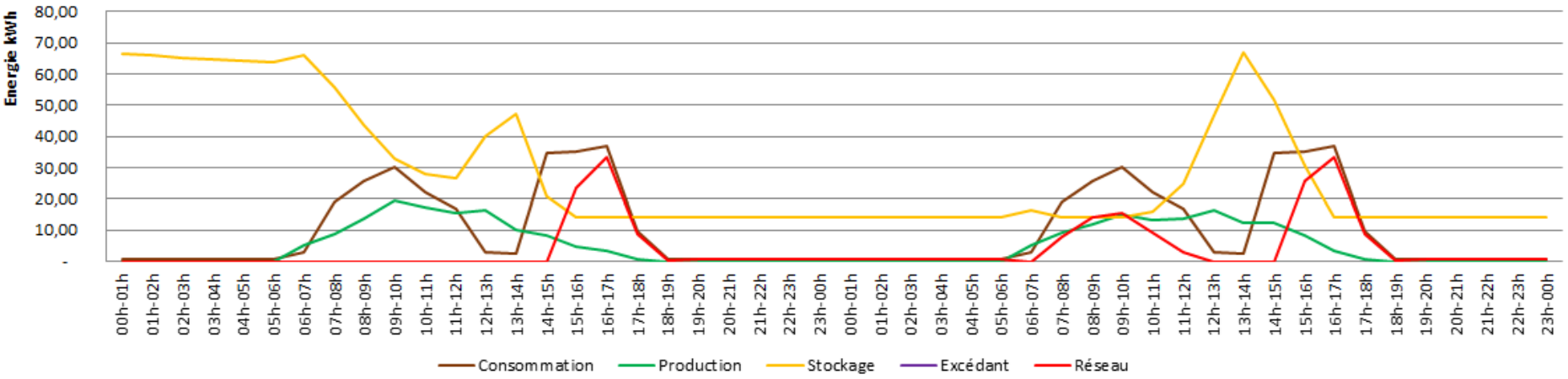


Figure V-27 : Etat des systèmes pour deux jours successifs moins ensoleillés (été)

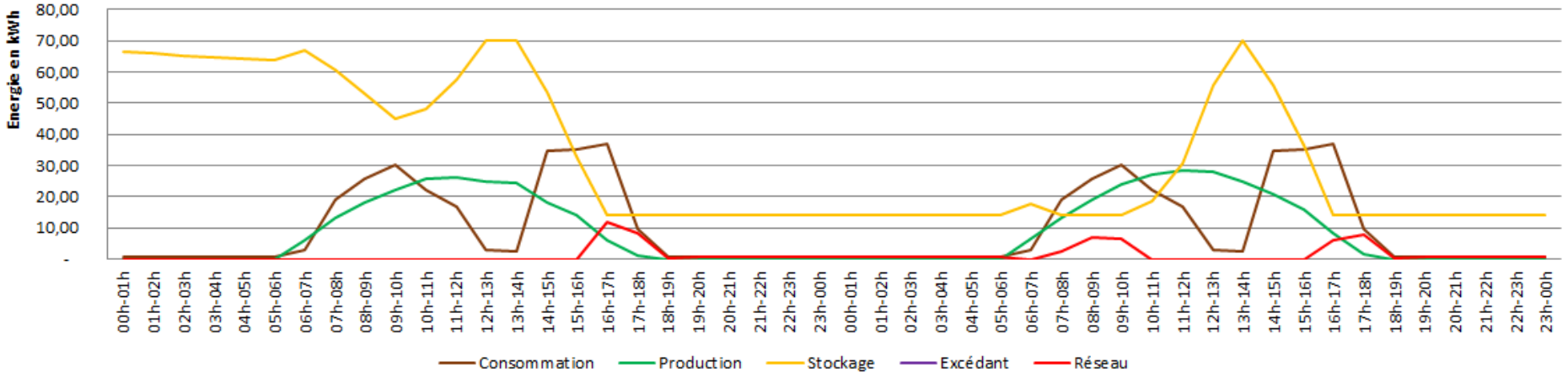


Figure V-28 : Etat des systèmes pour deux jours successifs plus ensoleillés (été)

V.8.3. Distribution avec stockage et lissage de la courbe de consommation

Ce scénario est le plus adapté pour un bâtiment connecté au réseau. L'introduction de la notion de limite réseau (LR) permettra de lisser la courbe de consommation réseau en évitant les pics de charges. Le système de production et le système de stockage ne sont donc que de sources d'appoint pour éliminer les pics. Cela éviterai de surdimensionner ces systèmes. Le dimensionnement de ces systèmes se fait de manière itérative pour atteindre les objectifs comme illustré sur la Figure V-10.

Plusieurs simulations ont été réalisées pour voir la configuration optimale à adopter. En effet, en fonction de la période de l'année, la production d'EnR varie en fonction des données météo, moins d'ensoleillement en hiver et un peu plus en été. Il en de même pour la consommation aussi, qui dépend de l'utilisation ou non de l'ensemble des équipements notamment les équipements de confort.

V.8.3.1 Détermination de la limite réseau (LR)

La limite réseau que nous allons adopter correspond à la moyenne horaire de la consommation. En dessous de cette limite, la consommation se fera en priorité au niveau du réseau, dans le cas contraire c'est les systèmes de production et de stockage qui prendront le relais.

Pour le bâtiment Master, la Figure V-29 montre l'évolution de la consommation moyenne horaire mensuelle, de la consommation minimale horaire mensuelle et de la consommation maximale horaire mensuelle. En analysant cette figure, nous pouvons définir la moyenne des moyennes qui est de 17 kWh pour notre limite réseau.

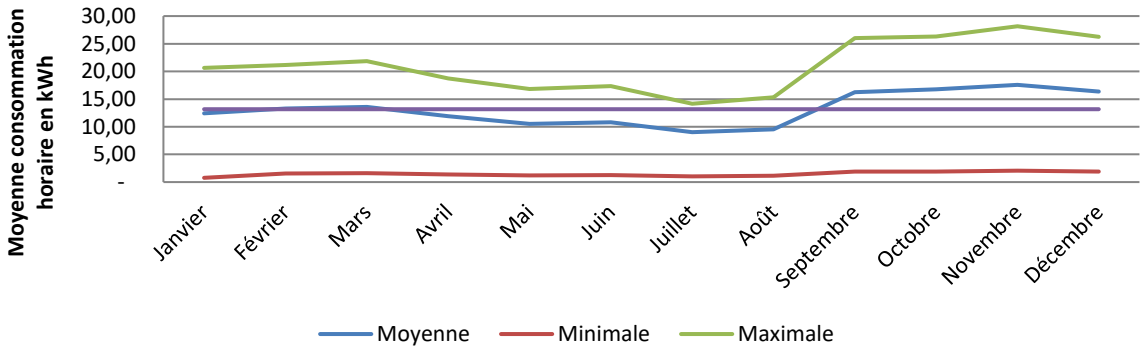


Figure V-29 : Détermination de la valeur de LR

V.8.3.2 Dimensionnement des systèmes de production et de stockage

Le dimensionnement des systèmes de production et de stockage est effectué connaissant la valeur de LR. Les différentes simulations faites ont permis d'évaluer les caractéristiques optimales de ces systèmes.

Ainsi la Figure V-30 montre l'acquisition des données de production, une surface de 100m², inclinaison de 15° et orientation de 0° sur l'outil de pilotage. Nous constatons une baisse de la surface de 100 m² soit 50 % par rapport à la surface exploitée des deux précédents scénarii.

Données ENR Solaire photovoltaique	
Surface photovoltaique en [m²]	100
Orientation en [degré]	0
Inclinaison en [dégré]	15

Figure V-30 : Acquisition de données du système de production – distribution avec lissage

La Figure V-31 indique les paramètres retenus pour le système de stockage avec une capacité de 50 kWh. Nous observons également une baisse de 20 kWh par rapport au cas de distribution étudiés précédemment.

Stockage	
Capacité de stockage (LH) en [kWh]	50
Capacité limité (LB) [kWh]	10
Limite reseau (LR) [kWh]	17

Figure V-31 : Configuration du système de stockage – distribution avec lissage

V.8.3.3 Analyses des résultats

Les résultats de la simulation pour les configurations retenues sont résumés sur la Figure V-32. Par rapport, aux deux précédents scénarii, nous constatons au niveau mensuel et annuel une baisse de la production, une baisse de la consommation EnR et de l'excédent. Par contre nous constatons une forte augmentation de la consommation réseau.

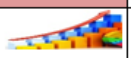
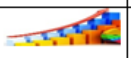
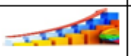
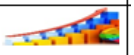
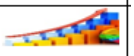
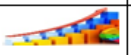
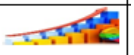
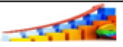
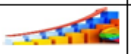
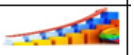
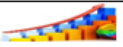
Résultats mensuels	Production	Consommation totale	Consommation ENR	Consommation Réseau (Input)	Excedent (Output)	Résultats Graphique
Janvier	2 318,62	4 513,90	1 549,71	2 964,19	789,30	
Fevrier	2 218,43	4 337,67	1 521,72	2 815,95	687,22	
Mars	2 297,49	4 908,71	1 608,67	3 300,04	696,89	
Avril	1 678,76	4 189,77	1 168,46	3 021,31	491,32	
Mai	2 299,76	3 835,93	1 453,99	2 381,94	856,43	
Juin	2 204,60	3 813,21	1 427,73	2 385,48	770,17	
Juillet	2 291,13	3 322,19	1 388,58	1 933,61	898,58	
Août	2 500,22	3 495,80	1 580,46	1 915,34	919,76	
Septembre	3 064,07	5 623,52	2 118,72	3 504,80	972,21	
Octobre	2 814,64	5 999,20	2 248,13	3 751,07	579,24	
Novembre	2 702,85	6 076,09	2 185,96	3 890,14	513,37	
Décembre	2 622,75	5 850,65	1 977,27	3 873,38	634,13	
	29 013,31	**55 966,65**	**20 229,40**	**35 737,25**	**8 808,62**	

Figure V-32 : Résultats de la simulation à l'échelle mensuelle et annuelle – pilotage avec lissage

La Figure V-33 montre le comportement de chaque système pour deux jours de bon ensoleillement successifs. Nous constatons que le système de stockage joue pleinement le rôle de lissage de la consommation réseau. En effet, la courbe de la consommation au réseau (colorée en rouge) ne dépasse pas à aucun moment la limite réseau imposée de 17 kWh. Nous constatons également que le dimensionnement du système de stockage est bien déterminé malgré le fait qu'il y a encore une partie de la production d'énergie en excèdent observée durant la pause de midi.

Les 12 fichiers du système de stockage, les 12 fichiers du système réseau ainsi que les 12 fichiers du système excédent sont donnés respectivement en annexe 6, 7 et 8.

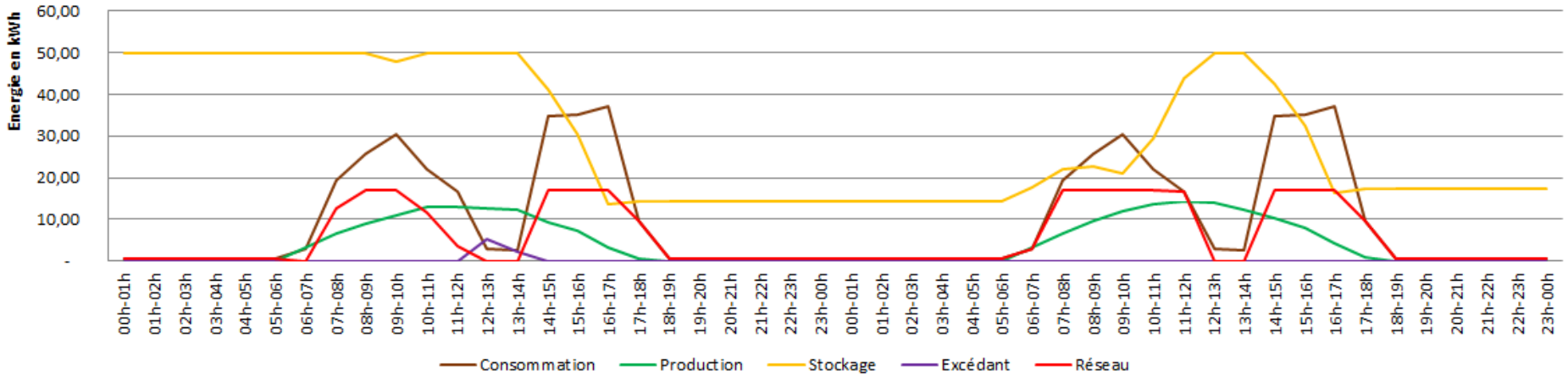


Figure V-33 : Comportement des systèmes pour deux jours successifs de bon ensoleillement

V.9. COMPARAISON DES SCENARII

La Figure V-34 montre une comparaison des résultats pour les trois scénarii étudiés. Dans les trois cas de distribution, nous observons que la consommation totale reste inchangée. Concernant le système de production, pour les scénarii de pilotage sans stockage et avec stockage, la production est la même, par contre pour le scénario de pilotage avec lissage réseau la production est réduite de moitié.

En ce qui concerne la gestion de l'excédent de production c'est le cas de la distribution avec stockage qui produit plus d'excédent que le système sans stockage avec une même production.

La distribution avec lissage implique une consommation importante au niveau du réseau mais ne nécessite que la moitié de la capacité de production d'EnR des deux autres cas :

En définitive, le choix de la distribution à adopter dépend de plusieurs facteurs. La distribution sans stockage est plutôt bonne pour une installation couplée au réseau et une consommation qui se fait en même temps que la production. C'est le cas des bâtiments du secteur tertiaire. La distribution avec stockage pourrait convenir à des bâtiments du secteur résidentiel où nous observons une consommation différée par rapport à la production. La distribution avec lissage par contre est recommandée pour n'importe quelle situation. Pour le bâtiment Master, notre choix est porte sur ce dernier scénario.

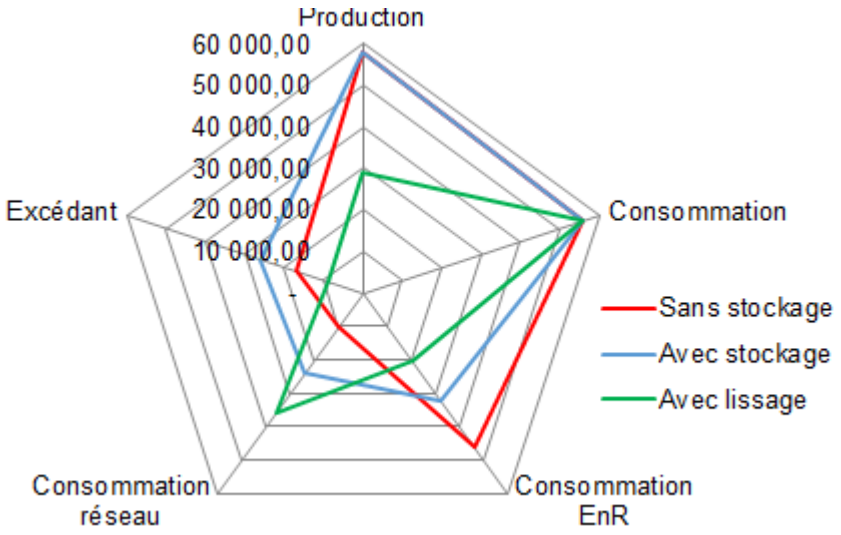


Figure V-34 : Comparaison des scénarii de distribution

V.10. REALISATION D'UN DISPOSITIF DE COMMANDE DU PILOTAGE : DU VIRTUEL AU REEL

Nous avons détaillé précédemment les différentes conditions pour le pilotage de la distribution de l'énergie électrique dans un espace bâti. Dans ce paragraphe, nous allons présenter une première ébauche d'un système électronique de commande permettant d'assurer dans la réalité le pilotage de la distribution de l'énergie. Cette partie a été traitée avec un étudiant de niveau Master à l'Université de la Réunion [50]. Il est à rappeler que le pilotage consiste à connaitre pour chaque tranche horaire des jours de l'année la situation des différents systèmes c'est à dire :

SP : le système de production d'énergie renouvelable ;

SC : le système de consommation ;

STO : le système de stockage cumulé ;

RES : le système de consommation réseau.

V.10.1. Principe de fonctionnement du dispositif de pilotage

Le dispositif se place théoriquement au milieu des systèmes cités précédemment. Il assurera donc d'une manière intelligente le couplage entre les quatre systèmes. En effet, ce dispositif reçoit un flux d'informations sous forme de signal électrique. Après avoir reçu ce signale, le dispositif l'analyse avant de renvoyer automatique- ment un signal vers des composants (contacteur ou relais thermique) pour que ceci puissent agir sur le système à contrôler (connexion ou déconnexion du système). Le schéma synoptique présenté par la Figure V-35 nous donne un aperçu du schéma synoptique du fonctionnement du dispositif.

Pour le système de production d'énergie électrique, les informations que nous pouvons traiter sont :

- ✓ la tension et le courant débités ;
- ✓ les puissances de l'installation ;
- ✓ les pertes.

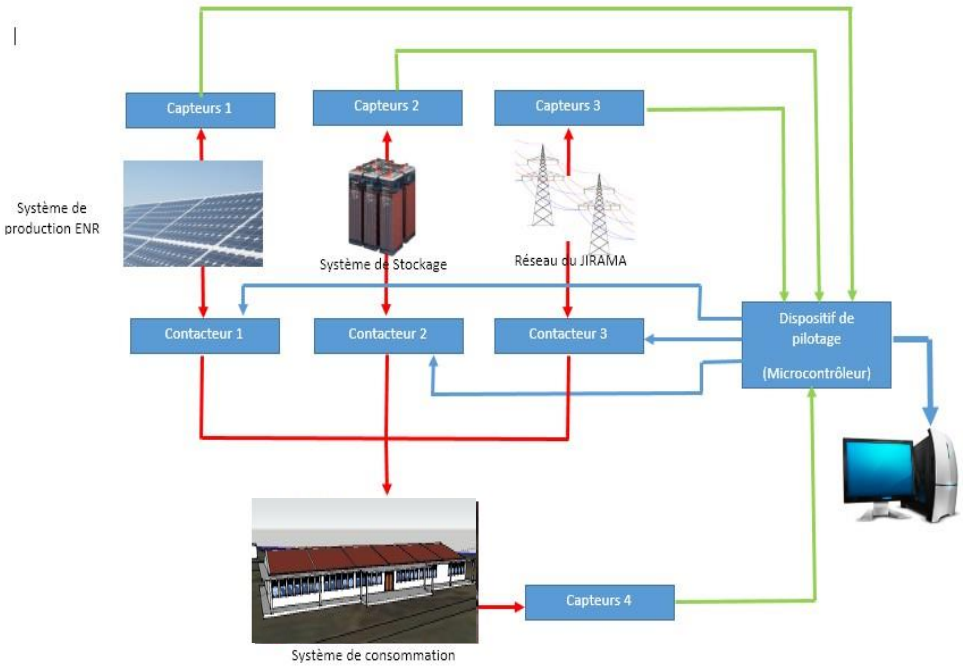


Figure V-35 : Proposition de schéma synoptique du dispositif de pilotage de la distribution

Pour le système de stockage, nous avons comme flux d'information :

- ✓ le capacité de stockage ;
- ✓ la limite haute et la limite basse.

Pour le réseau du JIRAMA, nous pouvons prendre en compte le flux d'information concernant :

la tension et le courant du réseau ;

les puissances du réseau

Du côté du système de consommation, nous avons la puissance demandée que nous pouvons traduire en énergie consommée. Le point commun pour chaque système c'est que nous aurons toujours à mesurer le courant et la tension. Le dispositif de pilotage communique également avec un ordinateur pour pouvoir afficher en temps réel l'évolution du système.

V.10.2. Proposition de circuit électronique simplifié

La Figure V-36 nous donne une idée sur le circuit électronique d'un dispositif de pilotage.

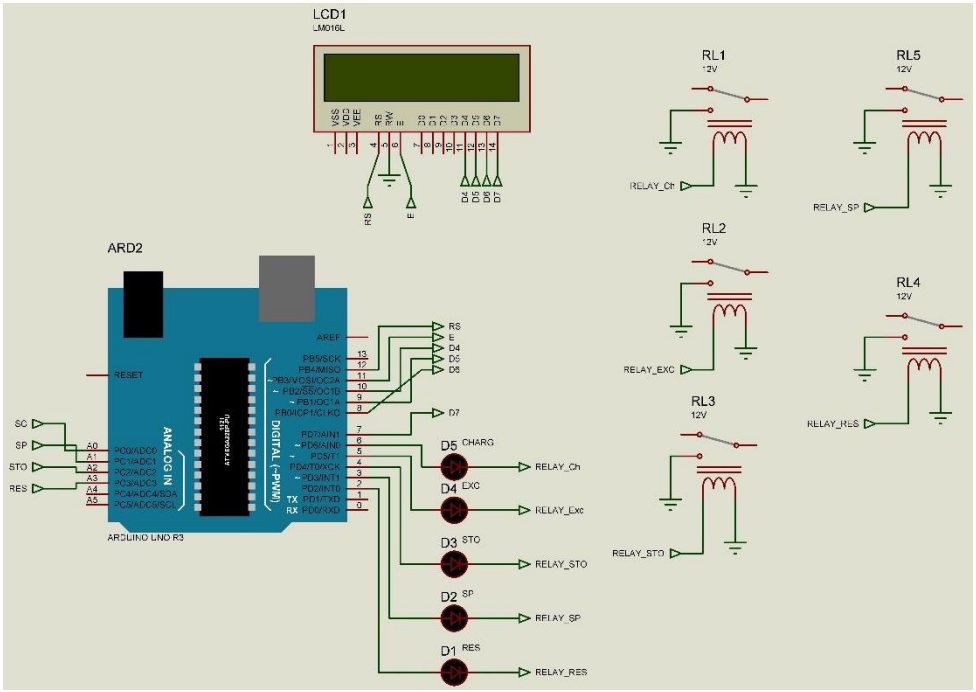


Figure V-36 : Proposition de schéma d'un schéma électronique pour un dispositif de pilotage

Nous avons utilisé la carte Arduino pour l'analyse des signaux venant des capteurs et pour commander les relais. Les signaux envoyés par les capteurs sont sous forme analogique. La carte Arduino (ou plus précisément le microcontrôleur) effectue une conversion des signaux analogiques en signaux numériques avant de les analyses et de faire une action en fonction du résultat de l'analyse. Il est à rappeler que les signaux venant des capteurs sont : les intensités instantanées et les tensions instantanées.

V.10.3. Programme et simulation pour le dispositif proposé

V.10.3.1 Organigramme du programme principal

Nous avons conçu un programme permettant d'assurer le fonctionnement principal du dispositif. Il est à noter que pour une application réelle, quelques modifications pourraient avoir lieu. Nous verrons en annexe 9 le programme pour la carte arduino.

V.10.3.2 Simulation du programme sous "Proteus"

Puisque nous n'avons pas eu l'opportunité d'appliquer dans la réalité le dispositif que nous avons proposé, nous avons effectué une simulation sous le logiciel "Proteus". La Figure V-37 nous illustre la carte de simulation sous "Proteus".

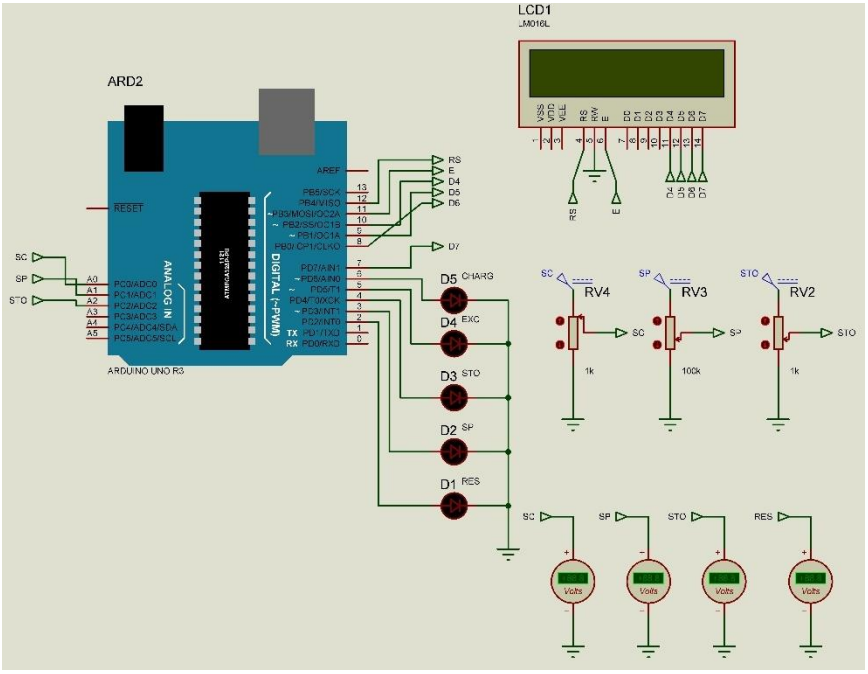


Figure V-37 : Carte de simulation sous "Proteus"

Nous avons utilisé des résistances variables pour simuler l'état du système de consommation, du système de production et du système de stockage. Sur la Figure V-37, nous avons les significations suivantes lorsque les diodes LED s'allument :

- Diode LED D1 (RES) : il y a un soutirage au réseau du JIRAMA ;
- D2 (SP) : le système de production alimente le système de consommation ;
- D3 (STO) : le système de stockage alimente le système de consommation ;
- D4 (EXC) : il y a un excédent d'énergie ;
- D5 (CHARG) : les batteries sont en charge.

Pour la simulation, nous allons vérifier d'état de la variable D définie par l'équation (V-27) pour le scénario avec stockage.

Les valeurs maximale et minimale pour la simulation de chaque système sont respectivement de 5V et de 0V. De ce fait, la limite haute du stockage est définie à LH = 4V tandis que sa limite basse est LB = 2V.

Nous allons simuler les quatre cas étudiés au chapitre 1 pour le scénario avec stockage.

a. Cas où SP=0

La Figure V-38 nous donne le résultat de la simulation. Le SC est alimenté par le STO jusqu'à la LB. Même si le voyant pour le SP est allumé, cela n'a pas d'effet sur le SC car SP=0.

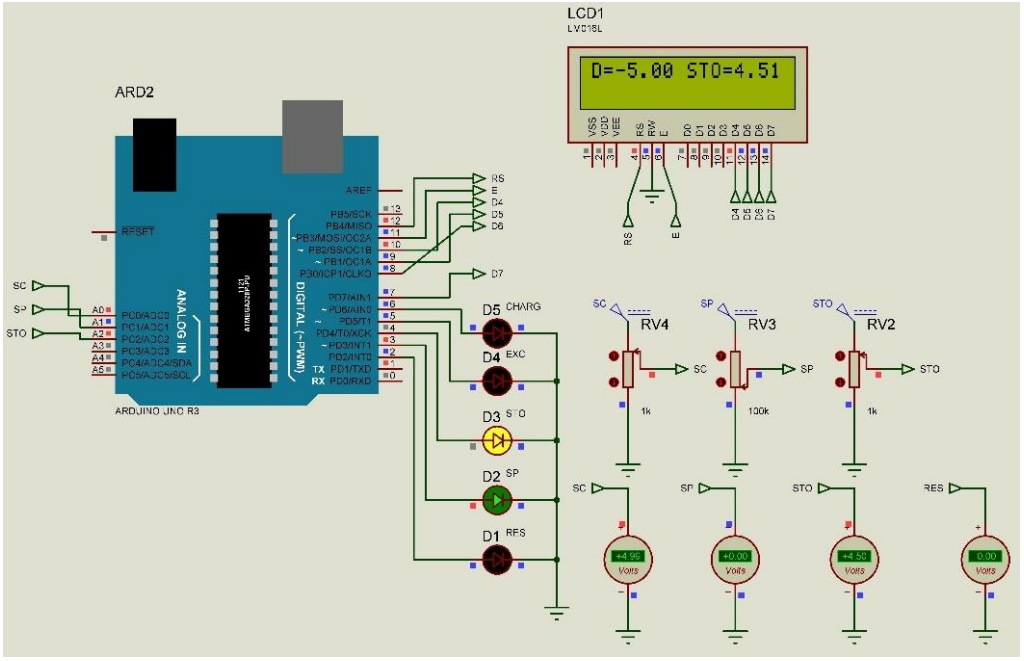


Figure V-38 : Simulation pour SP=0

Lorsque la limite basse (LB) est atteinte, nous pouvons voir sur la Figure V-39 que Le LED correspondant au réseau (RES) est allumé. Cela est bien logique puisque la source d'énergie du système de consommation SC est le stockage STO. A un certain moment de la journée, la LB sera atteinte et la consommation bascule automatiquement vers le RES.

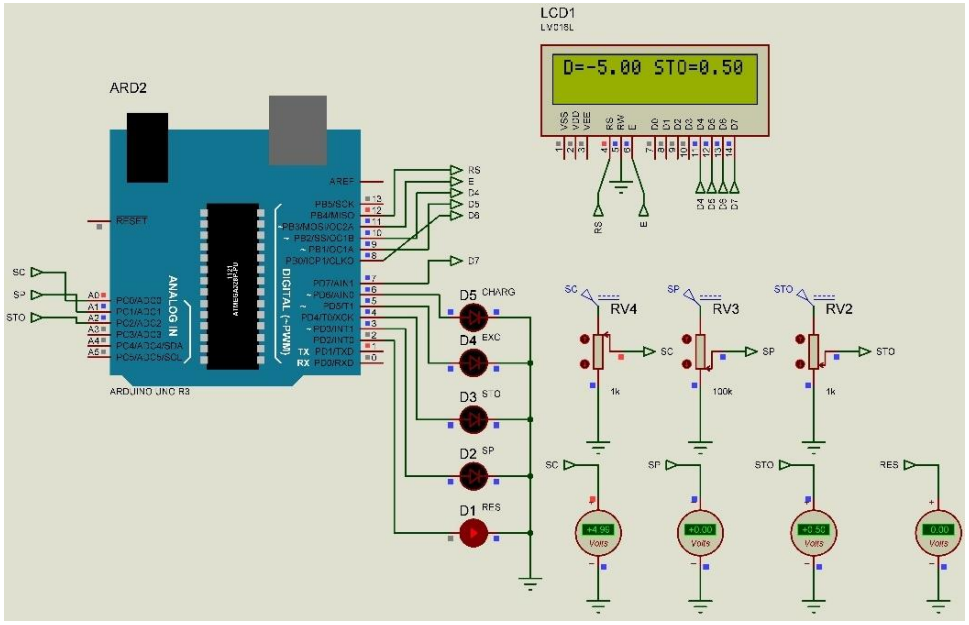


Figure V-39 : Simulation pour SP=0 et LB atteinte

b. Cas où SP = SC

La Figure V-40 nous donne le résultat de la simulation le LED pour le STO et le SP s'allument : le SC prend d'abord comme source sur le SP. Lorsque le SP n'est plus disponible, le SC prend le STO comme source sur jusqu'à la LB.

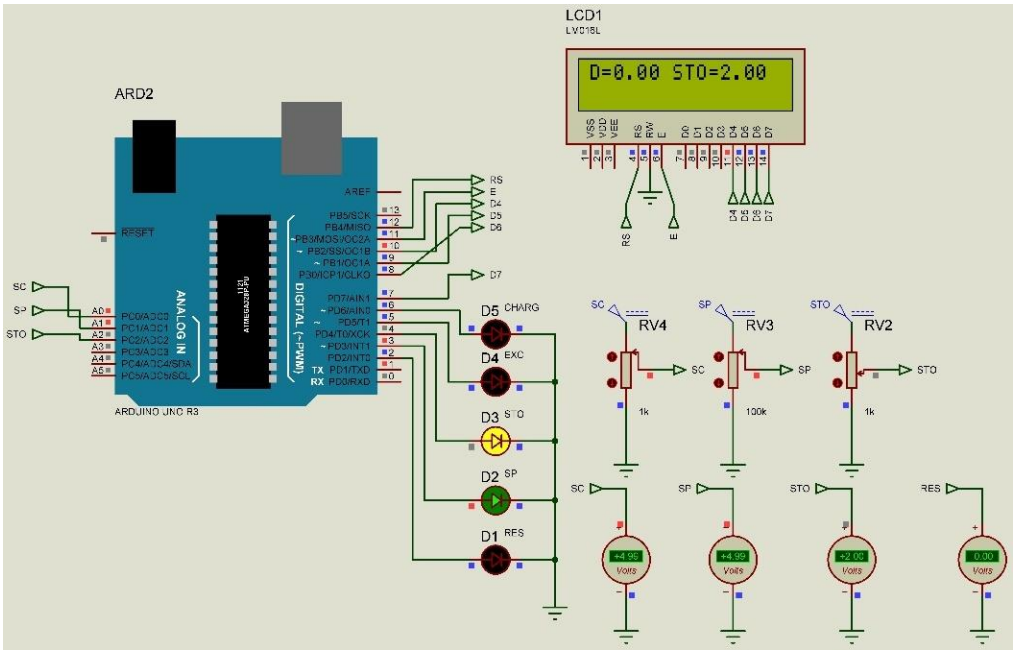


Figure V-40 : Simulation pour SP=SC

c. Cas où D > 0 (SP>SC) :

La Figure V-41 nous montre le résultat de la simulation. Les LEDs de la charge du batterie D5 et du SP D2 s'allument. Le SP alimente le SC et charge les batteries de stockage jusqu'à la LH.

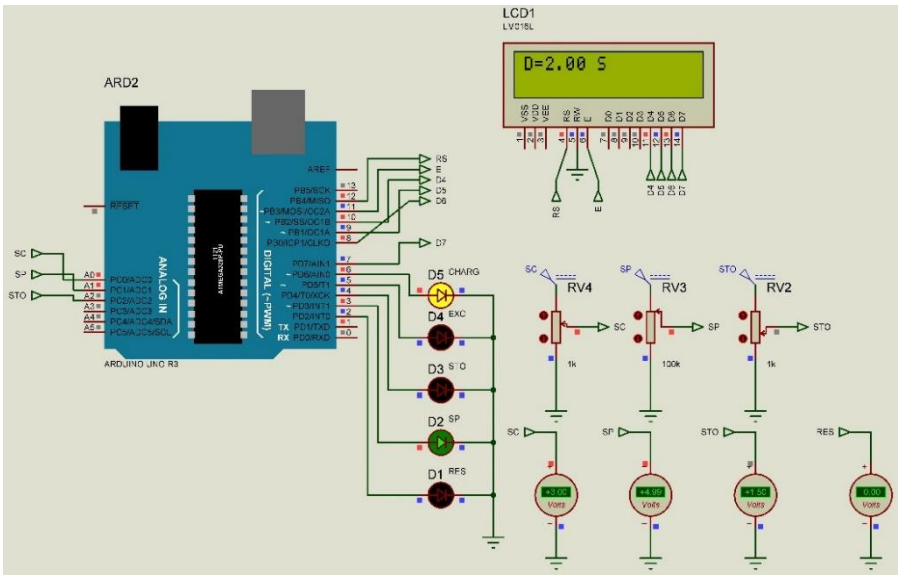


Figure V-41 : Simulation pour SP>SC

Lorsque le système de stockage est complètement chargé, nous pouvons voir sur la Figure V-42 que la LED D5 s'est éteinte et la D4 s'est allumée. La charge du système de stockage s'arrête parce que la LH est atteinte. Un excédent d'énergie est disponible pour d'autres espaces bâtis.

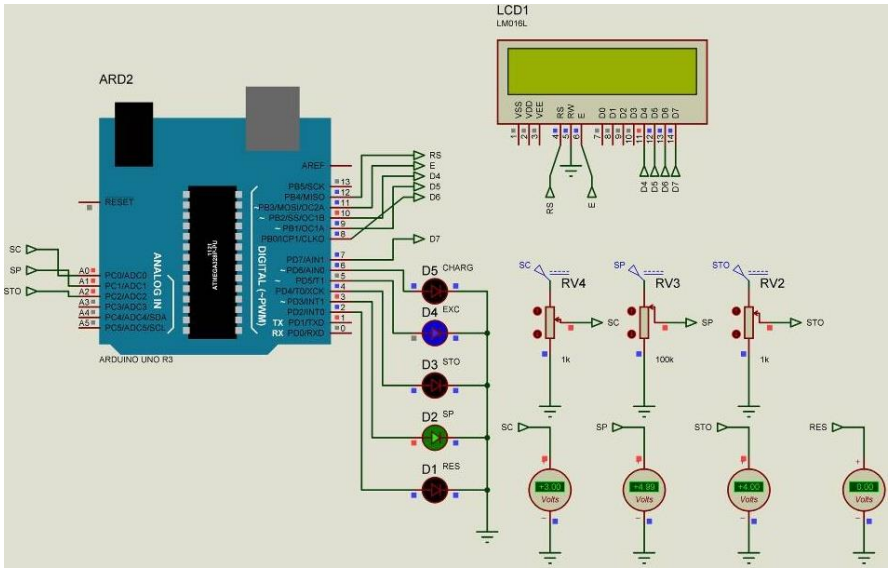


Figure V-42 : Simulation pour SP>SC et LH atteinte

d. Cas où D < 0 (SP<SC) :

Nous avons la Figure V-43 comme résultat de la simulation. D2 et D3 s'allument, le SC est alimenté à la fois par le SP et le STO jusqu'à ce que le SP ne soit plus disponible et que la LB du STO ne soit atteinte.

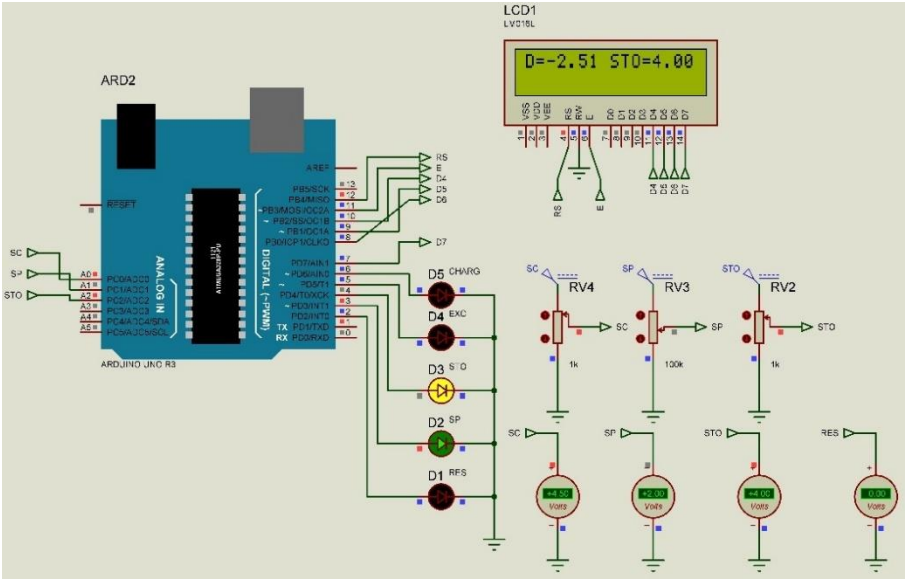


Figure V-43 : Simulation pour SP<SC et LB non atteinte

Au moment où il n'y a plus de production au niveau du SP et que la LB du STO est atteinte, nous avons le résultat comme sur la Figure V-44. Puisqu'il n'y a plus d'autre source d'énergie que le réseau (LB atteinte, SP indisponible), le SC est alimenté par le RES.

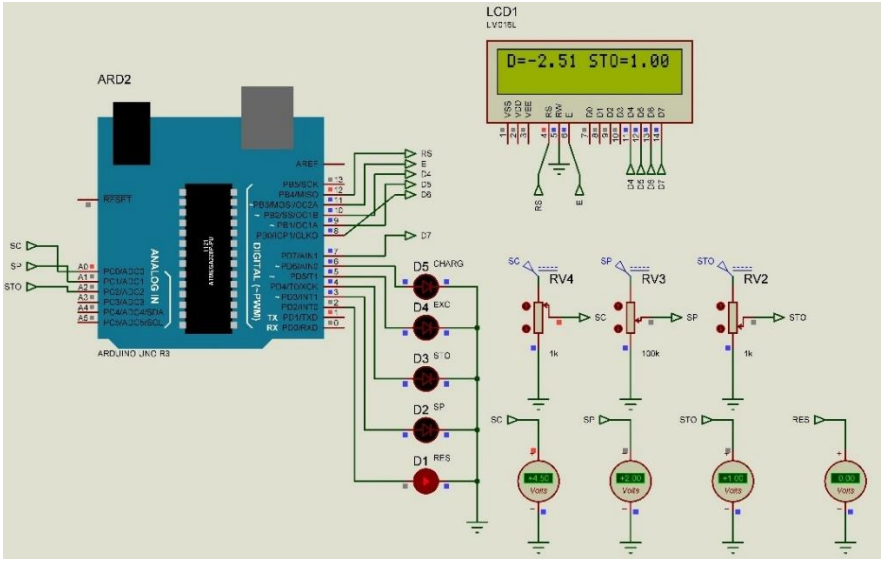


Figure V-44 : Simulation pour SP<SC et LB atteinte

V.10.4. Devis estimatif du dispositif de pilotage de distribution

Le Tableau V-7 nous résume le coût d'un dispositif de pilotage réalisé avec une carte Arduino. Tous les prix sont évalués en Ariary. Nous considérons un système triphasé pour notre évaluation.

Désignation	Prix Unitaire	Quantité	Montant
Arduino UNO	66 500	01	66.500
TI	1 540.000	08	12.320.000
		TOTAL	**12.386.500**

Tableau V-7 : Liste des composants

Le TI est un transformateur de courant du modèle TI LEG412162 / barre 50 x 80mm. L'acquisition de cet équipement nécessite une commande en métropole.

V.11. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons initié l'étude d'un système de pilotage de la distribution de l'énergie électrique dans un espace bâti. En partant d'un fichier horaire de consommation et d'un fichier horaire de production, nous avons conçu un outil logiciel de pilotage de la distribution. Nous avons pu définir plusieurs scénarii de distribution : sans stockage ou utilisation directe de la production, avec stockage ou consommation en différée de la production et avec lissage qui consiste à éliminer les pics de charge de consommation. Pour ces trois cas de distribution nous avons effectué plusieurs simulations au niveau du bâtiment Master en analysant les états des systèmes considérés à plusieurs échelles temporelles : horaire, journalière, mensuelle et annuelle. Cette approche constitue une nouvelle méthode de dimensionnement des installations de production d'EnR et de stockage. Si dans le virtuel, l'outil de pilotage de la distribution est bien cerné, une vision de la mise en pratique de cet outil de pilotage a été abordé dans ce chapitre qui est la conception d'un dispositif physique permettant de gérer la distribution de l'énergie en fonction de la consommation et de la production.

CONCLUSION GENERALE

Les recherches que nous avons menées au cours de cette thèse nous ont permis d'apporter plusieurs contributions autour des problématiques et objectifs que nous avons définis concernant la construction et le fonctionnement énergétique d'un espace Bâti. Ces recherches déjà en partie explorées en partie au sein du Laboratoire PIMENT à l'Université de La Réunion ont été resitué dans le contexte malgache de manière approfondie pour bien cerner les problématiques et enjeux.

Plusieurs applications ont été ont été développés sous environnement MATLAB en langage orienté objet, dans le cadre de nos recherches. Les premiers types outils sont des outils de description, de simulation et d'analyses des flux matières et d'énergie dans un espace bâti :

- ✓ Outil de description et d'Analyse de Cycle de Vie du flux matière dans la construction d'un espace bâti
- ✓ Outils de simulation et d'analyse de la consommation énergétique électrique dans un espace bâti
- ✓ Outil de mise en œuvre d'un fichier horaire de la consommation électrique dans un espace bâti à l'échelle de la journée, de la semaine, du mois et de l'année
- ✓ Outil de simulation de la production électrique pour plusieurs EnR.

Les seconds types d'application sont des outils de dimensionnement, de diagnostic et de pilotage autour des systèmes énergétiques EnR que nous avons pour objectif d'associer au réseau électrique afin de gérer la distribution électrique autour d'un système de consommation. Ces dispositifs intègrent notamment des systèmes de stockage d'énergie électrique. Ces outils répondent à des nouveaux objectifs en matière d'intégration d'EnR. Il ne s'agit pas d'assurer une couverture EnR à l'échelle d'un espace bâti ou d'un micro territoire, mais de lisser la courbe de charge de la consommation électrique afin de réduire le niveau de puissance installée qui doit répondre aux pics de charges.

Ces outils intégrés dans une application de gestion de la distribution électrique autour d'un dispositif de production EnR, d'un dispositif de stockage, d'un système de consommation, et bien sûr d'un réseau électrique sont les suivants :

Outil d'optimisation et de dimensionnement de dispositifs de production d'EnR qui intègre pour l'heure les ressources solaire et éolienne.

Outil d'optimisation et de dimensionnement de dispositifs de stockage d'énergie électrique selon des scénarios d'intégration.

Outil de pilotage de la distribution d'énergie électrique dans un espace bâti, intégrant une production EnR, un dispositif de stockage et le réseau local de distribution électrique.

L'ensemble de ces outils ont fait l'objet d'approches nouvelles permettant la création d'interfaces appropriées dans tous les phases de description, de modélisation, de calcul, de simulation et d'analyse.

Ils ont été appliqués sur un site donné : l'Université d'Antsiranana, et dans le cadre d'un projet ciblé : la proposition de construction d'un bâtiment de formation qui pourrait être dédié à des filières de niveau master. Ils peuvent bien sûr s'appliquer en n'importe quel lieu et pour des espaces bâtis de n'importe quel secteur d'activité. L'environnement et la méthode de programmation se prêtant à des descriptions d'espaces bâtis quelconque.

Les approches méthodologiques s'appuyant sur l'analyse systémique, l'Analyse de Cycle de Vie dans un cadre normatif clairement défini et une vision typologique des descriptions structurelles et fonctionnelle des espaces bâtis concourent également à des applications quelconques des outils. Elles permettent en outre de mettre en œuvre des bases de connaissances et des analyses comparables de manière rigoureuse et donc à l'universalité des résultats produits autour des simulations mises en œuvre. Cet enjeu est très important pour permettre des analyses s'appuyant sur des références bien établies, notamment en termes de bilans d'impacts environnements des flux matières ou d'énergie dans la construction d'un espace bâti, en terme également de signature de consommations énergétiques dans le fonctionnement d'espaces bâti.

Autour des phases d'analyse des fichiers et résultats issues de nos simulations, nous nous sommes limités à ce stade de nos recherches à l'observation des ratios, qui permettent notamment de situer les évaluations des flux et des impacts environnementaux et économiques dans différents contextes d'observation.

Autour des phases de simulation du pilotage de la distribution électrique nous avons pu cerner les indicateurs permettant d'assurer l'optimisation du lissage de soutirage au réseau public. Ils sont :

- ✓ Nous sommes amenés dans un premier temps à observer et analyser la moyenne de l'écart entre la production d'EnR en situation favorable et la moyenne de la consommation électrique en situation défavorable sur des journées types. Nous devons optimiser cet écart afin de définir les caractéristiques de la production EnR : puissance installée d'éolienne, surface de capteur photovoltaïque, ...
- ✓ Dans un deuxième temps, afin d'optimiser le dimensionnement du système de stockage nous sommes amenés à observer l'excédent de production dans la gestion de la distribution selon des scénarios bien établis. L'excédent de production au pas de temps horaire est observé en intégrant la capacité de production, la capacité de stockage, les soutirages au niveau du stockage et du réseau pour un profil de consommation donné et sur une journée d'observation. Nous chercherons à minimiser cet excédent pour déterminer la capacité de stockage, c'est à dire son dimensionnement.
- ✓ Dans le troisième temps, l'optimisation du lissage des pic de soutirage sur le réseau se réalisera autour de 2 indicateurs principaux : la limite basse admissible de soutirage dans le stockage et la limite haute admissible de soutirage sur le réseau électrique. La détermination de cette dernière limite permet de fixer notamment le taux de lissage optimal.

D'autres hypothèses et scénarii pourraient être envisagés au fur et à mesure de l'exploration des situations observées dans les fichiers de production EnR très variables selon les données météos et les caractéristiques techniques des systèmes de production EnR. L'observation des fichiers de consommations très variables également selon les secteurs d'activités, les périodes de l'année et des journées de la semaine doivent permettre également d'affiner nos scénarii de distributions et d'optimisation de lissage des pics de consommation

La notion de pilotage de la distribution, a été bien cernée tout au long de nos recherches. Nous avons procédé à une proposition de conception d'un dispositif de commande de pilotage en situation réel. En pratique, le dispositif que nous avons conçu pourrait se figurer parmi les solutions pour maîtriser la consommation énergétique d'un espace bâti. Mais si nous avons vu que le dispositif répond aux conditions de base du pilotage de la distribution, dans la réalisation d'un tel dispositif nous ferons appel dans un premier temps à titre expérimental de carte "arduino" pour commander le pilotage en situation réelle.

LISTE DES COMMUNICATIONS PUBLIEES

- **Pierrot RANJARANIMARO**, Jean Claude GATINA « Nouvelle approche pour déterminer l'inclinaison et l'orientation des panneaux solaires », Journées de recherches des trois ISTs de Madagascar en collaboration avec l'Université de La Réunion et de l'Université des Mascareignes de l'Ile Maurice, juillet 2018

- **Pierrot RANJARANIMARO**, Christelle HOARAU, Jean Lalaina RAKOTOMALALA, Jean Claude GATINA, Antsiranana, Madagascar Evaluation de la qualité environnementale des espaces bâtis à Madagascar, 3ème Congrès International Plasma & Energie, 2016, Antsiranana, Madagascar

- **Pierrot RANJARANIMARO**, Elassad NIDHOIMI, Jean Marie RAZAFIMAHENINA, Jean Claude GATINA, Gestion de la distribution de l'énergie électrique dans un espace bâti à Madagascar, 3ème Congrès International Plasma & Energie, 2016, Antseranana, Madagascar

- Jean Claude GATINA, **Pierrot RAJARANIMARO**, Christelle Hoarau, Contribution à l'analyse technique et environnementale des flux de matière et d'énergie dans un système d'espace bâti, 3ème Congrès International Plasma & Energie, 2016, Antseranana, Madagascar

- José ANDRIAMAMPIANINA, **Pierrot RANJARANIMARO**, Focus sur le changement climatique et les énergies renouvelables à Madagascar, Akademia Malagasy, janvier 2016

LISTE DES COMMUNICATIONS EN COURS DE REDACTION

- **Pierrot RANJARANIMARO,** Mohamed NASROUDINE, Elassad NIDHOIMI, Fakra DAMIEN, Jean Claude GATINA, Pilotage de la distribution d'énergie électrique associant un dispositif de production EnR et de stockage au réseau électrique sur un mini territoire insulaire, 8th International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture 08 (SEGA-08), mai 2019, Bangkok

- **Pierrot RANJARANIMARO,** Valérie RAZAKARIVONY, Fakra DAMIEN, Jean Claude GATINA, Analyse multicritère des ratios des volets technique, environnementale, et économique d'une plateforme expérimentale faisant appel à plusieurs variantes de procédés de construction, 8th International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture 08 (SEGA-08), mai 2019, Bangkok

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] G. A. Leduc and E. Duchemin, “L ’ évaluation des impacts environnementaux : Un outil d ’ aide à la décision,” pp. 0–2, 2018.

[2] J. Leopold, B. Clarke, F. Hanshaw, B. Balsley, “A procure for evaluating environmental impact,” *Geol. Surv. Circ.*, vol. 2, p. 19, 1971.

[3] IEA, “World Energy Statistics and Balances online data service 2017 editionNo Title,” 2017. [Online]. Available: https://www.iea.org/classicstats/relateddatabases/worldenergystatisticsandbalances/.

[4] NU, “Rapport sur les objectifs de développement durable,” *Nations Unies*, 2016. [Online]. Available: https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/The Sustainable Development Goals Report 2016_French.pdf.

[5] CEA, “Mémento sur l’énergie,” 2017. .

[6] B. Dudley, “BP Energy Outlook - 2017 edition,” *J. Ekon. Malaysia*, vol. 51, no. 2, pp. 1–103, 2017.

[7] V. O.M. and K.-V. S.I., “The role of moral leadership for sustainable production and consumption,” *J. Clean. Prod.*, vol. 63, pp. 102–113, 2014.

[8] IEA, “World Energy Outlook RÉSUMÉ French Translation,” 2017.

[9] J.-C. Keller and H. Pierre-André, “Les conséquences de l’augmentation du taux de CO 2 atmosphérique, état de la connaissance scientifique à fin 2010,” pp. 1–10, 2011.

[10] SDES, “Bilan énergétique de la France métropolitaine,” 2018. [Online]. Available: http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Datalab_essentiel/2018/datalab-essentiel-143-bilan-energetique-france-en-2017-avril2018.pdf.

[11] RTE, “Bilan électrique de la France : que retenir de 2017 ?,” 2017. [Online]. Available: https://www.connaissancedesenergies.org/bilan-electrique-de-la-france-que-retenir-de-2017-180215.

[12] A. Géorgelin, “Le secteur de l’énergie à Madagascar, Enjeux et opportuinités d’affaires.” Ambassade de France à Madagascar, 2016.

[13] MEEH, “Rapport annuel,” 2018.

[14] ORE, “Statistiques d’exploitation par société : production - vente,” 2017. [Online]. Available: http://www.ore.mg/.

[15] J. P. Praene *et al.*, “Electricity generation from renewables in Madagascar: Opportunities and projections,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, no. October 2016, pp. 1066–1079, 2017.

[16] ONU, “Rapport Brundtland,” p. 349, 1987.

[17] UNCED, “United Nations Conference on Environment & Development,” in *Sustainable Development*, no. Sustain. Dev.

[18] D. Demailly, “Enjeux Et Opportunités Pour La Transition Écologique,” *Iddri*, vol. 3, 2014.

[19] A. Grandjean, “La transition énergétique en France,” *Etudes (Paris).*, vol. 4, pp. 29–39, 2014.

[20] K. RAFITOSON, “La lente marche vers la transition énergetique à Madagascar : état des lieux et perspectives.” Fondation Friedrich Ebert, 2018.

[21] O. RASAMIMANANA, “La transistion énergétique à Madagascar dans le cadre de la Nouvelle Politique de l’Energie 2015-2030,” 2016.

[22] L. von Bertalanffy, *General System Theory*. 1968.

[23] M. Landry and J.-L. Maloin, “La complémentarité des approches systémique et scientifique dans le domaine des sciences humaines.,” *Relations Ind.*, vol. 31, no. 3, p. 379, 1976.

[24] M. Winskel, “The pursuit of interdisciplinary whole systems energy research: Insights from the UK Energy Research Centre,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 37, no. February 2017, pp. 74–84, 2018.

[25] J.-L. Le Moigne, *La théorie du système général - théorie de la modélisation*. 1994.

[26] G. Donnadieu, D. Durand, D. Neel, E. Nunez, and L. Saint-Paul, “L’Approche systémique : de quoi s’agit-il ? Synthèse des travaux du Groupe AFSCET ‘ Diffusion de la pensée systémique.’” pp. 1–11, 2003.

[27] C. Hoarau, “Contribution à l ’ analyse de la qualité environnementale d ’ un projet d ’ aménagement périurbain / rural en milieu tropical - Méthodes et outils d ’ aide à la décision,” Université de La Réunion, 2017.

[28] ISO 14044, “Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines,” vol. 2006. p. 54, 2006.

[29] ISO 14040, “Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework,” vol. 2006. 2006.

[30] A. Bosner, T. Porinsky, and I. Stanki, “Forestry and Life Cycle Assessment,” *Glob. Perspect. Sustain. For. Manag.*, p. 1-, 2012.

[31] E. Mérenne, “Les transports et la consommation d’énergie,” *Revue*, vol. 51, pp. 387–399, 1998.

[32] A. Moign, “Analyse du cycle de vie de procédés de traitement de surface des matériaux,” *Trait. matériaux*, vol. 410, no. December, pp. 34–36, 2011.

[33] J. Pictet, *Dépasser l’évaluation environnementale. Procédure d’étude et d’insertion dnas la décision globale*, META. 1996.

[34] C. Gazulla *et al.*, *Manuel explicatif de l’Analyse de Cycle de Vie appliquée à la construction*. 2012.

[35] Olivier Jolliet, M. Saadé, P. Crettaz, and S. Shaked, *Analyse du cycle de vie : Comprendre et réaliser un écobilan*. 2010.

[36] Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC), “Catalogue des indicateurs du changement climatique,” *Ministère l’Ecologie, l’Energie, du Développement durable la Mer*, p. 32, 2010.

[37] PE-international, “Product Sustainability Software GaBi Software.” 2012.

[38] NIST, “BEES.” 2010.

[39] ADEME, “Guide méthodologique - version 6.1 - objectifs et principes de comptabilisation.” pp. 1–116, 2010.

[40] CSTB, “Logiciel Elodie.” 2010.

[41] Pré Sustainability, “SimaPro, the world’s leading LCA software.” 2015.

[42] NREL, ASMI, and Franklin Associates, *U.S. LCI Database Project – User’s Guide*, no. February. 2004.

[43] B. PEUPORTIER and E. BRUTTO, “Tools for promoting sustainability in the construction field–Materials database for high environmental performance constructions-Phase 1.” 2008.

[44] S. Lasvaux, “Étude d ’ un modèle simplifié pour l ’ analyse de cycle de vie des bâtiments,” École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2010.

[45] T. Cancer and T. Capricorne, “L ’ architecture bioclimatique,” *PRISME*, 2008.

[46] Autodesk 2017a, “Autodesk basics.” 2017.

[47] Autodesk 2017b, “Autodesk Revit 2017 - BIM Software.” 2017.

[48] G. Sketchup, “Sketchup instructions.” 2010.

[49] Energie+, “Le niveau d’éclairement.” [Online]. Available: https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10724. [Accessed: 23-Oct-2018].

[50] F. Andrianantenaina, “Conception d’un disôsitif de pilotage de la distribution de l’Energie dans un espace bâti.,” 2017.

[51] INIES, “Les données environnementales et sanitaires de référence pour le bâtiment.” 2004.

[52] ADEME, “Centre de ressources sur les bilans de gaz à effet de serre.” 2015.

[53] A. Lebert, F. Grannec, S. Nibel, F. Achim, N. Schiopu, and J. Chevalier, “Expérimentation HQE Performance 2012-2013,” 2014.

[54] F. Andrianantenaina, “Projet de création d ’ Outil de gestion de base de données,” 2017.

[55] J. Heinonen, A. Säynäjoki, J. M. Junnonen, A. Pöyry, and S. Junnila, “Pre-use phase LCA of a multi-story residential building: Can greenhouse gas emissions be used as a more general environmental performance indicator?,” *Build. Environ.*, vol. 95, pp. 116–125, 2016.

[56] R. Rakotomalala, “Analyse de corrélation,” 2012.

[57] L. Alexandra, L. Sébastien, G. Francis, N. Sylviane, A. Fanny, and S. Nicoleta, “Evaluation de la performance environnementale des bâtiments. Définition d’ordres de grandeur. Traitement statistique.,” *21 Congrès Français Mécanique*, p. 6, 2013.

[58] M. Trocmé and B. Peuportier, “Analyse de cycle de vie d’un bâtiment,” in *J3Ea - 6*, 2007, vol. 6, no. Mars, pp. 1–5.

[59] E. A.-L. Teo and G. Lin, “Framework for Evaluating $C0_2$ Emissions of Buildings within Singapore’s Building Sector: A Review Article,” *Int. J. Sustain. Build. Technol. Urban Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 128–136, 2010.

[60] N. I. Rakotonarivo, “Approche dynamique du bilan des émissions de l’énergie consommée et de l’énergie grise dans un espace bâti,” Université de La Réunion, 2013.

[61] ADEME, “Réalisation d’un bilan des émissions de gaz à effet de serre.” p. 147, 2014.

[62] B. Rachid, “Développement d’un outil ACV basé Sur le concept Orienté Objet .,” 2017.

[63] V. RAZAKARIVONY and P. RANJARANIMARO, “Analyse de Cycle de Vie Espace bâti : Bâtiment Master Diego,” 2018.

[64] V. RANAIVO and P. RANJARANIMARO, “ANALYSE DE FLUX MATIERE D ’ UN BATIMENT, Simulation des Flux Matière,” 2018.

[65] A. Wignacourt, “Caractérisation, mesure et évaluation des indicateurs techniques, économiques et financiers des éco matériaux : application au secteur du bâtiment,” Ecole Centre de Lille, 2009.

[66] J. C. Gatina, N. I. Rakotonarivo, N. H. Randrianekena, and D. Morau, “Systemic Approach of Functioning Of the Built Areas and Waste Management.”

[67] J. Freis, P. Vohlidka, and W. A. Günthner, “Low-Carbon warehousing: Examining impacts of building and intra-logistics design options on energy demand and the CO_2 emissions of logistics centers,” *Sustain.*, vol. 8, no. 5, pp. 1–36, 2016.

[68] F. McLoughlin, A. Duffy, and M. Conlon, “Characterising domestic electricity consumption patterns by dwelling and occupant socio-economic variables: An Irish case study,” *Energy Build.*, vol. 48, pp. 240–248, 2012.

[69] E. A. Nidhoimi, “DESCRIPTION ET ANALYSE DU FONCTIONNEMENT ÉNERGÉTIQUE DES ESPACES BÂTIS. MISE EN ŒUVRE SYSTÉMIQUE DU BILAN DES ÉMISSIONS ASSOCIÉ. APPLICATION À L’ECO FERME DE VINCENDO ET AU TERRITOIRE DE MAYOTTE,” Université de La Réunion, 2018.

[70] N. Boogen, S. Datta, and M. Filippini, “Demand-side management by electric utilities in Switzerland: Analyzing its impact on residential electricity demand,” *Energy Econ.*, vol. 64, pp. 402–414, 2017.

[71] B. Celik, R. Roche, S. Suryanarayanan, D. Bouquain, and A. Miraoui, “Electric energy management in residential areas through coordination of multiple smart homes,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 80, no. April 2016, pp. 260–275, 2017.

[72] S. Chen, N. Li, J. Guan, Y. Xie, F. Sun, and J. Ni, “A statistical method to investigate national energy consumption in the residential building sector of China,” *Energy Build.*, vol. 40, no. 4, pp. 654–665, 2008.

[73] C. P. Ang, B. Toper, and A. Gambhir, “Financial impacts of UK’s energy and climate change policies on commercial and industrial businesses,” *Energy Policy*, vol. 91, pp. 273–286, 2016.

[74] P. Vergragt, L. Akenji, and P. Dewick, “Sustainable production, consumption, and livelihoods: Global and regional research perspectives,” *J. Clean. Prod.*, vol. 63, pp. 1–12, 2014.

[75] G. Huebner, D. Shipworth, I. Hamilton, Z. Chalabi, and T. Oreszczyn,

"Understanding electricity consumption: A comparative contribution of building factors, socio-demographics, appliances, behaviours and attitudes," *Appl. Energy*, vol. 177, pp. 692–702, 2016.

[76] R. V. Jones, A. Fuertes, and K. J. Lomas, "The socio-economic, dwelling and appliance related factors affecting electricity consumption in domestic buildings," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 43, pp. 901–917, 2015.

[77] J. Wang, C. Yu, and W. Pan, "Life cycle energy of high-rise office buildings in Hong Kong," *Energy Build.*, vol. 167, pp. 152–164, 2018.

[78] G. K. F. Tso and K. K. W. Yau, "Predicting electricity energy consumption: A comparison of regression analysis, decision tree and neural networks," *Energy*, vol. 32, no. 9, pp. 1761–1768, 2007.

[79] L. G. Swan and V. I. Ugursal, "Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 13, no. 8, pp. 1819–1835, 2009.

[80] A. Foucquier, S. Robert, F. Suard, L. Stéphan, and A. Jay, "State of the art in building modelling and energy performances prediction: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 23, pp. 272–288, 2013.

[81] A. Moine, "Le territoire comme un système complexe. Des outils pour l'aménagement et la géographie," *Septièmes Rencontres Théo Quant*, 2013.

[82] H. N. Rafsanjani, C. R. Ahn, and J. Chen, "Linking building energy consumption with occupants' energy-consuming behaviors in commercial buildings: Non-intrusive occupant load monitoring (NIOLM)," *Energy Build.*, vol. 172, pp. 317–327, 2018.

[83] F. W. Geels, A. McMeekin, J. Mylan, and D. Southerton, "A critical appraisal of Sustainable Consumption and Production research: The reformist, revolutionary and reconfiguration positions," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 34, pp. 1–12, 2015.

[84] M. Mathieu, A. Rüdinger, and D. Pescia, "L'intégration des énergies renouvelables dans le système électrique français : quels enjeux d'optimisation ? ANALYSE DES BESOINS DE FLEXIBILITÉ ET LEVIERS D'INTÉGRATION : LA NÉCESSITÉ D'UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE DES POTENTIELS D'OPTIMISATION À PRENDRE EN CO," 2016.

[85] P. Menanteau and C. Clastres, "L'intégration des énergies renouvelables : le débat est," vol. 2, pp. 1–3, 2009.

[86] L. Lu and H. X. Yang, "A study on simulations of the power output and practical models for building integrated photovoltaic systems," *J. Sol. Energy Eng.*, vol. 126, no. 3, pp. 929–935, 2004.

[87] L. Lu, "Investigation on Characteristics and Application of Hybrid Solar/Wind Power Generation Systems," The Hong Kong Polytechnic University, 2004.

[88] S. Diaf, D. Diaf, M. Belhamel, M. Haddadi, and A. Louche, "A methodology for optimal sizing of autonomous hybrid PV/wind system," *Energy Policy*, vol. 35, no. 11, pp. 5708–5718, 2007.

[89] T. Markvart, *Solar Electricity*. 1994.

[90] Z. M. Salameh and B. S. Borowy, "Methodology for Optimally Sizing the Combination of a Battery Bank and PV Array in a Wind/PV Hybrid System," *IEEE*

Trans. Energy Convers., vol. 11, no. 2, pp. 367–375, 1996.

[91] B. Mohammed, “Modélisation d’un Système de captage photovoltaïque autonome,” Centre Universitaire De Bechar Institut des Sciences Exactes, 2008.

[92] M. Belhadj, T. Benouaz, and a C. S. M. a Bekkouche, “Estimation de la puissance maximale produite par un générateur photovoltaïque,” *Rev. des énergies renouvelables*, vol. 13, no. 2, pp. 257–264, 2010.

[93] J. Duffie and W. Beckman, *Solar engineering of thermal processes*, John Wiler. 2013.

[94] F. Kasten, “The linke turbidity factor based on improved values of the integral Rayleigh optical thickness,” *Sol. Energy*, vol. 56, no. 3, pp. 239–244, 1996.

[95] A. Ricaud, *Gisement solaire et transferts énergétiques*. 2011.

[96] U. D. E. C. Paoli, D. E. N. Physique, and C. Voyant, “Prédiction de séries temporelles de rayonnement solaire global et de production d ’ énergie photovoltaïque à partir de réseaux de neurones artificiels,” vol. 6134, 2011.

[97] W. Schuepp, *Solar Radiation*. 1996.

[98] C. G. Justis, “Vent et performances des éoliennes.” Paris, 1980.

[99] T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, and E. Bossanyi, *Wind energy handbook*, 1st editio. 2001.

[100] F. Diop, M. Hennebel, and M. Petit, “Gestion autonome de la consommation électrique d ’ une maison en présence d ’ une production photovoltaique,” 2016, pp. 2–3.

[101] Y. M. Irwan *et al.*, *Stand-Alone Photovoltaic (SAPV) System Assessment using PVSYST Software*, vol. 79. Elsevier B.V., 2015.

[102] T. Huld, R. Müller, and A. Gambardella, “A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa,” *Sol. Energy*, vol. 86, no. 6, pp. 1803–1815, 2012.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Quantification des typologies des produits
Annexe 2 : Facteurs d'émissions des différents produits utilisés
Annexe 3 : Conception d'une base de données environnementales dans le contexte de construction à Madagascar
Annexe 4 : Les 12 fichiers du système de consommation
Annexe 5 : Les 12 fichiers du système de production.
Annexe 6 : Les 12 fichiers du système de stockage
Annexe 7 : Les 12 fichiers du système réseau
Annexe 8 : Les 12 fichiers du système excédent
Annexe 9 : Programme Arduino

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE DANS LE MONDE ET A MADAGASCAR 9

I.1. INTRODUCTION 9
I.2. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE MONDIALE 9
I.2.1. Ressources énergétiques mondiale 9
I.2.2. Consommation d'énergie mondiale 11
I.2.3. Consommation d'énergie par secteur 11
I.2.4. Consommation d'électricité dans le monde 12
I.2.5. Répartition de la consommation électrique par secteur d'activité 13
I.2.6. Emissions mondiales de C02 13
I.3. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE EN FRANCE 14
I.3.1. Consommation d'énergie primaire en France 14
I.3.2. Production d'électricité en France 15
I.3.3. Consommation de la France d'énergie électrique par secteur 15
I.3.4. Consommation d'électricité du secteur résidentiel en France 16
I.3.5. Emissions de $C0_2$ de la France 17
I.4. CONTEXTE ET ENJEU ENERGETIQUE A MADAGASCAR 18
I.4.1. Consommation d'énergie primaire à Madagascar 18
I.4.2. Production d'électricité à Madagascar 19
I.4.3. Consommation d'électricité à Madagascar 20
I.4.4. Consommation de Madagascar d'énergie électrique par secteur 20
I.4.5. Emissions de C02 de Madagascar 21
I.4.6. L'enjeu énergétique de Madagascar 21
I.5. DEVELOPPEMENT DURABLE 22
I.6. TRANSITION ECOLOGIQUE 22
I.7. TRANSITION ENERGETIQUE 23
I.8. CONCLUSION 24

CHAPITRE II. ETAT DE L'ART, METHODOLOGIE ET OUTILS EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET ENERGETIQUE 27

II.1. INTRODUCTION 27
II.2. DESCRIPTION D'UN SYSTEME COMPLEXE PAR APPROCHE SYSTEMIQUE 27
II.2.1. Définition 27
II.2.2. Préceptes de la description systémique 28
II.2.3. Concepts de la description systémique 28
II.2.4. Description d'un système espace bâti par la description systémique 29
II.2.4.1 Système Espace Bâti (SEB.) 29
II.2.4.2 Espace Bâti (EB) 29
II.2.4.3 Bâtiments (B) 30
II.2.4.4 Les Espaces Fonctionnels (EF) 30
II.3. DESCRIPTION TYPOLOGIQUE DANS LE CADRE DE L'ETUDE 31
II.3.1. Typologies de produits des flux de matière de la construction 31
II.3.1.1 Les typologies de produits Gros Œuvre (PGO) 32
II.3.1.2 Les typologies de produits second œuvre (PSO) 33
II.3.1.3 Les typologies de produits d'équipements (PE) 33
II.3.1.4 Les autres typologies de produits 34
II.4. ANALYSE DE CYCLE DE VIE 35
II.4.1. Le cadre normatif de l'analyse de cycle de vie 35
II.4.2. Le processus de l'Analyse de Cycle de Vie 36

II.4.2.1 Objectifs et champs de l'étude 37
II.4.2.2 Inventaire et analyse de l'inventaire 37
II.4.2.3 Evaluation de l'impact 38
II.4.2.4 Interprétation des résultats 40
II.4.3. Logiciels d'Analyse de Cycle de Vie existants 40
II.4.4. Limites des logiciels d'Analyse de Cycle de Vie existants 42
II.5. CONCLUSION 43

CHAPITRE III. CONCEPTION, REALISATION ET APPLICATION D'UN OUTIL ACV AUTOUR DES FLUX MATIERE DANS UN ESPACE BATI 47

III.1. INTRODUCTION 47
III.2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE DE LA CONCEPTION 47
III.2.1. Analyse de faisabilité 47
III.2.1.1 Observations topographiques et analyse des usages potentiels 49
III.2.1.2 Schémas d'usage 49
III.2.1.3 Consultation du plan d'urbanisme directeur (contrainte d'aménagement) 50
III.2.1.4 Topographie du site 51
III.2.1.5 Insertion du bâtiment dans son environnement 52
III.2.1.6 Orientation 52
III.2.2. Analyse architecturale 53
III.2.2.1 Forme architecturale 54
III.2.2.2 Ouvertures 55
III.2.2.3 Espaces fonctionnelles 55
III.2.2.4 Equipements des espaces fonctionnels 56
III.2.2.5 Choix des matériaux 56
III.2.3. Analyse technique 58
III.2.4. Analyse des structures 59
III.2.4.1 Identification des Produits de gros œuvre (PGO) 60
III.2.4.2 Quantification des Produits de gros œuvre (PGO) - TP1 : Infrastructure 61
III.2.4.3 Quantification des Produits de gros œuvre (PGO) - TP1 : Superstructure 62
III.2.4.4 Analyse thermique 63
III.2.4.5 Analyse de l'éclairage 71
III.2.4.6 Identification des Produits de Second Œuvre (PSO) 74
III.2.4.7 Quantification des Produits de Second Œuvre (PSO) 76
III.2.4.8 Quantification des Produits d'Equipement (PE) 78
III.2.5. Analyse environnementale 78
III.2.5.1 Acquisition des données 78
III.2.5.2 Facteurs d'émissions 79
III.2.5.3 Facteurs d'émissions des Produits Gros Œuvre 79
III.2.5.4 Nouvelle base de données 80
III.2.6. Analyse économique 81
III.3. CONCEPTION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE 81
III.3.1. Application de l'approche ACV à un Système Espace Bâti 81
III.3.1.1 Inventaire du cycle de vie 82
III.3.1.2 Indicateurs d'impact environnemental 82
III.3.1.3 Limite du système : "cradle to cradle" 83
III.3.2. Présentation des outils existants 84
III.3.3. Objectif 84
III.4. ASPECTS METHODOLOGIQUES DE LA CONCEPTION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE 85
III.4.1.1 Calcul des bilans d'impact 85
III.5. MODELISATION PAR APPROCHE ORIENTEE OBJET 87
III.5.1. Diagramme de Classes 87
III.5.2. Notions utilisées par le diagramme de classes 88

III.5.2.1 Classe 88
III.5.2.2 Attributs 88
III.5.2.3 Opérations 88
III.5.3. Diagramme de classe de l'outil d'analyse de flux matière 88
III.6. REALISATION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE FLUX MATIERE 91
III.6.1. Langage de programmation 91
III.6.1.1 Programmation Orientée Objet MATLAB 91
III.6.1.2 Etapes du développement 92
III.6.2. Présentation de l'interface de l'outil 93
III.6.3. Manipulation de l'outil 93
III.6.4. Présentation des résultats 96
III.6.4.1 Résultats de Produit du Gros Œuvre (PGO) 97
III.6.4.2 Produit du Second Œuvre (PSO) 101
III.6.4.3 Produit d'équipement (PE) 105
III.6.5. Résultats par espace fonctionnel 108
III.6.6. Résultats globaux 110
III.6.7. Synthèse 112
III.6.8. Etude comparative de deux variantes 114
III.6.8.1 Variante 1 : 114
III.6.8.2 Variante 2 : 115
III.6.8.3 Bilan économique 116
III.7. CONCLUSION 117

CHAPITRE IV. OUTILS ET ANALYSE DES FLUX D'ENERGIE ELECTRIQUE EN PHASE DE FONCTIONNEMENT DE L'ESPACE BATI 121

IV.1. INTRODUCTION 121
IV.2. ANALYSE DE FLUX D'ENERGIE – SIGNATURE DE CONSOMMATION ENERGETIQUE 122
IV.2.1. Présentation des travaux antérieurs 122
IV.2.2. Objectif 123
IV.2.3. Modélisation systémique et typologique 124
IV.2.3.1 Phase d'identification 125
IV.2.3.2 Phase d'acquisition de données et de calcul 126
IV.2.4. Modélisation et conception orientée Objet 136
IV.2.4.1 Diagramme de Classes 136
IV.2.5. Développement de l'outil avec Matlab 139
IV.2.5.1 Création des classes 139
IV.2.5.2 Création des interfaces 140
IV.2.6. Application de l'analyse de flux d'énergie au bâtiment Master 151
IV.2.6.1 Production d'électricité mixte d'Antsiranana 151
IV.2.6.2 ACV du Réseau d'Antsiranana 152
IV.2.6.3 Processus d'acquisition de données 155
IV.2.6.4 Présentation et analyse des résultats 163
IV.2.7. Synthèse 169
IV.3. MISE EN ŒUVRE D'UN FICHIER DE CONSOMMATION HORAIRE 170
IV.3.1. Conception de l'outil d'analyse de flux d'énergie – Consommation horaire 170
IV.3.1.1 Acquisition des données et étapes de calculs 170
IV.3.1.2 Mise en œuvre d'un fichier de consommation horaire 172
IV.3.2. Réalisation de l'outil d'analyse de flux d'énergie – Consommation horaire 174
IV.3.2.1 Interface d'acquisition des données 174
IV.3.2.2 Calcul de la consommation horaire au niveau d'un EF 174
IV.3.2.3 Calcul de la consommation horaire au niveau du bâtiment 176
IV.3.2.4 Mise en œuvre des coefficients de pondération 176

IV.3.3. Application de l'outil d'analyse de flux d'énergie – Consommation horaire 179
IV.4. CONCLUSION 179

CHAPITRE V. PILOTAGE DE LA DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE DANS UN ESPACE BATI INTEGRANT DES ENERGIES RENOUVELABLES 183

V.1. INTRODUCTION 183
V.2. PRESENTATION DES SYSTEMES 183
V.2.1. Forme numérique d'un Système 184
V.3. PRESENTATION DU SYSTEME DE PRODUCTION 186
V.3.1. Fichier météo 186
V.3.2. La production d'énergie par source photovoltaïque 187
V.3.2.1 Modèles de calcul 188
V.3.2.2 Modèle adopté 190
V.3.2.3 Expression du rayonnement direct reçu sur un plan quelconque 191
V.3.2.4 Expression du rayonnement diffus reçu sur un plan quelconque 192
V.3.2.5 Expression du rayonnement global reçu sur un plan quelconque 193
V.3.2.6 Algorithme pour déterminer l'énergie reçu sur un plan quelconque au pas horaire 193
V.3.2.7 Absence de données météo 193
V.3.3. La production d'énergie par source éolienne 194
V.3.4. Présentation de l'outil SP 196
V.3.4.1 Interface d'acquisition des données 196
V.3.4.2 Données météo 197
V.3.4.3 Fichier de production horaire 197
V.4. PRESENTATION DU SYSTEME DE CONSOMMATION 199
V.5. PRESENTATION DES AUTRES SYSTEME ET FICHIERS 199
V.6. PRESENTATION DES SCENARII DE PILOTAGE 199
V.6.1. Distribution sans stockage 199
V.6.1.1 Cas où SP = 0 200
V.6.1.2 Cas où D=0 200
V.6.1.3 Cas où D>0 200
V.6.1.4 Cas où D<0 200
V.6.2. Distribution avec stockage 202
V.6.2.1 Cas où SP = 0 203
V.6.2.2 Cas où D=0 203
V.6.2.3 Cas où D>0 203
V.6.2.4 Cas où D<0 204
V.6.2.5 Balayage horizontal et vertical 204
V.6.3. Distribution avec stockage et lissage réseau 205
V.6.3.1 Cas 1 : $SC_i \leq LR$ 207
V.6.3.2 Cas 2 : $SC_i > LR$ 208
V.7. REALISATION DE L'OUTIL DE PILOTAGE 212
V.7.1. Interfaces de pilotage 212
V.7.1.1 Interface de configuration 212
V.7.1.2 Interface de simulation 213
V.8. APPLICATION AU BATIMENT MASTER 216
V.8.1. Distribution sans stockage 216
V.8.1.1 Dimensionnement du système de production 216
V.8.1.2 Résultats de la simulation 217
V.8.2. Distribution avec stockage 221
V.8.2.1 Dimensionnement du système de stockage 221
V.8.2.2 Résultats de la simulation 222
V.8.3. Distribution avec stockage et lissage de la courbe de consommation 227

V.8.3.1 Détermination de la limite réseau (LR) 227
V.8.3.2 Dimensionnement des systèmes de production et de stockage 228
V.8.3.3 Analyses des résultats 228
V.9. COMPARAISON DES SCENARII 231
V.10. REALISATION D'UN DISPOSITIF DE COMMANDE DU PILOTAGE : DU VIRTUEL AU REEL 232
V.10.1. Principe de fonctionnement du dispositif de pilotage 232
V.10.2. Proposition de circuit électronique simplifié 233
V.10.3. Programme et simulation pour le dispositif proposé 234
V.10.3.1 Organigramme du programme principal 234
V.10.3.2 Simulation du programme sous "Proteus" 234
V.10.4. Devis estimatif du dispositif de pilotage de distribution 240
V.11. CONCLUSION 240

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Cahier des charges (Quantification des produits) 3

Annexe 2 : Facteurs d'émissions des différents produits utilisés 39

Annexe 3 : Conception d'une base de données environnementales dans le contexte de construction à Madagascar 51

Annexe 4 : Les 12 fichiers horaire du système de consommation d'énergie 59

Annexe 5 : Les 12 fichiers horaires du système de production d'EnR 73

Annexe 6 : Les 12 fichiers horaires cumulés du système de stockage 87

Annexe 7 : Les 12 fichiers horaires de soutirage réseau 101

Annexe 8 : Les 12 fichiers horaires d'excédent de production d'énergie 115

Annexe 9 : Programme Arduino 129

Annexe 1 : Cahier des charges (Quantification des produits)

1. Produits de gros œuvre (PGO)

1.1. Infrastructures (TP1)

Le type de fondation recommandé est une fondation superficielle sur semelle filante destinée pour les constructions légères situées sur un sol de bonne stabilité et de bonne qualité.

- ***Béton de propreté***

Tableau 0 : Dimensionnement du béton

Longueur du béton [m]	278,12
Largeur du béton [m]	0,5
Epaisseur du béton [m]	0,05
Volume du béton [m^3]	6,953

Tableau 1 : Identification des PGO du TP2 béton de propreté (TP1 Infrastructure)

Béton Q150	U.F	Quantité par	Quantité	Pays d'origine
Ciment CEM I	kg	150	1042,95	Holcim Ibity (Madagascar)
Graviers 5/15	t	2	9,5	Diego(Madagascar)
Sable de rivière	m^3	0,4	2,78	Diego(Madagascar)
Eau	L	150	1042,95	Diego(Madagascar)

- ***Semelle filante***

Tableau 2 : Dimensionnement de la semelle filante

Longueur de la semelle [m]	278,12
Largeur de la semelle [m]	0,5
Épaisseur de la semelle [m]	0,25
Volume de la semelle [m^3]	34,765

Tableau 3 : Identification des PGO du TP2 Semelle filante (TP1 Infrastructure)

Béton dosé à 350	U.	Quantité par	Quantité totale	Pays d'origine
Ciment CEM I 42,5	kg	350	12167,7	Holcim Ibity
Graviers 5/20	t	1,87	29,5	Diego (Madagascar)
Sable gros 0/5	m3	0,5	26,07	Diego (Madagascar)
Eau	L	150	5214,75	Diego (Madagascar)
Armature en acier	kg	40	1390,6	Behenjy (Madagascar)
Fil à lier	kg	0,21	294,80	Behenjy (Madagascar)

- ***Mur de soubassement (en moellon)***

Tableau 4 : Dimensionnement du soubassement

Longueur du soubassement [m]	278,12
Largeur du soubassement [m]	0,25
Épaisseur du soubassement [m]	1,2
Volume du soubassement [m^3]	83,436

Tableau 5 : Identification des PGO du TP2 Soubassement (TP1 Infrastructure)

Maçonnerie en	U.F	Quantité par	Quantité totale	Pays d'origine
Ciment CEM I 42,5	kg	60	5006,16	Holcim Ibity (Madagasca
Moellon de 20x20x20	U	88	7342,37	Diego
Sable de rivière	m^3	0,2	16,70	Diego
Eau	L	0,005	25,03	Diego

- ***Dallage***

Tableau 14 : Dimensionnement du dallage

Surface de la dalle [m^2]	1603,5
Épaisseur de la dalle [m]	0,05
Volume de la dalle [m^3]	80,175

Tableau 6 : Identification des PGO du TP2 Dallage (TP1 Infrastructure)

Dallage dosé à 350	U.F	Quantité par	Quantité totale	Pays d'origine
Ciment CEM I 42,5	kg	350	28061,2	Holcim Ibity
Sable gros 0/5	m^3	0,7	56,12	Diego (Madagascar)
Graviers 15/25	t	1,25	40,0ç	Diego (Madagascar)
Eau	L	175	14030,6	Diego (Madagascar)
Treillis	kg	60	4810,5	Behenjy (Madagascar)
Laine minérale	m	-	1603,5	Tana(Madagascar)

1.2. Superstructure

L'ossature du bâtiment est en béton armé avec du bloc de béton cellulaire comme mur de remplissage, donc, la superstructure est composée du béton, acier et du béton cellulaire.

Linteaux

Tableau 7 : Dimensionnement des linteaux

Longueur totale des linteaux [m]	175,30
Largeur des linteaux [m]	0,20
Hauteur des linteaux [m]	0,20
Volume total de linteaux [m^3]	7,01

Tableau 8 : Identification des PGO du TP2 Linteaux (TP1 Superstructure)

Produit	U.F	Quantité par m^3	Quantité	Pays d'origine
Ciment CEM II 42,5	kg	350	2804,80	Holcim (Madagascar)
Sable gros 0/5	m	0,7	3,23	Diégo (Madagascar)
Graviers 15/25	t	1,25	9.3	Diégo (Madagascar)
Eau	L	175	1402,40	Diégo (Madagascar)
Treilli	kg	-	378,65	Behenjy (Madagascar)

Voile

Tableau 9 : Dimensionnement des voiles

Surface totale des ouvertures extérieures	252,67
Longueur totale des murs [m]	278,12
Hauteur du mur [m]	3
Surfaces murs sans ouverture [m^2]	834,36
Surface totale des linteaux [m^2]	35,06
Surface réelle mur porteur [m^2]	**546,63**
Dimension bloc [m]	0,6x 0,2x
Nombre total de bloc de béton	**3646,00**

Tableau 10 : Identification des PGO du TP2 des voiles (TP1 Superstructure)

Produit	U.F	Quantité totale	Pays d'origine
Béton cellulaire	m	546,6	Béton Ouest
Mortier-colle	kg	743,7	Diégo (Madagascar)
Gâchage	L	163,6	Diego (Madagascar)

Poteaux

Tableau 11 : Dimensionnement des poteaux

Longueur poteau [m]	3
Section [m × m]	0,30
Nombre poteau	32
Volume totale poteaux [m^3]	**1,08**

Tableau 12 : Identification des PGO du TP2 poteaux (TP1 Superstructure)

Produit	U.F	Quantité par	Quantité totale	Pays d'origine
Ciment CEM II 42,5	kg	400	434,29	Holcim
Sable gros 0/5	m^3	0,46	0,50	Diégo (Madagascar)
Graviers 15/25	t	1,95	1.4	Diégo (Madagascar)
Eau	L	200	217,15	Diégo (Madagascar)
Armature en acier	kg	54	58,63	Behenjy

Auvent (bambou)

Tableau 13 : Dimensionnement de l'auvent

Surface totale [m^2]	403,50
Epaisseur [m]	0,15
Volume total [m]	60,53

Poteau balcon (métallique)

Tableau 14 : Dimensionnement du pilier

Longueur pilier [m]	3
Section du pilier [m]	0,22 ×
Nombre de pilier	**8**

1.3. Toiture

Charpente

Tablau 15 : Identification des PGO du TP2 Charpente (TP1 Toiture)

Produit	U.	Quantité	Pays d'origine
Panne faitière (10×20)		1,20	Madagascar
Panne intermédiaire (10×20)		14,01	Madagascar
Panne sablière (10×20)		2,40	Madagascar
Chevrons (7×8)		10,00	Madagascar
Ecran sous toiture	m^2	1051,20	Madagascar
Contre latte (4 × 1)		0,40	Madagascar
Latte (4 × 2,5)		1,44	Madagascar
Entrait (10×30)		24,00	Madagascar
Poinçon (10×20)		1,60	Madagascar
Contre-fiche (10×20)		2,72	Madagascar
Clous zingués	kg	1419,12	Behenjy

Couverture

Tableau 16 : Dimensionnement de la toiture

Longueur toiture [m]	60
Largeur toiture [m]	17,52
Surface toiture [m^2]	1051,2
Nombre de tuiles par m^2	12,5
Nombre total de tuiles	13140

Tableau 17 : Identification des PGO du TP2 Couverture (TP1 Toiture)

Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Tuile	U	13140	Bevalala
Clous zingués	kg	946,08	Behenjy

Evacuation d'eaux pluviales

Tableau 18 : Identification des PGO du TP2 Evacuation d'eau pluviale (TP1 Toiture)

Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gouttière	m	130	Madagascar
Crochet chevron	U	40	Madagascar
Descente de gouttière	m	12	Madagascar
Coude de gouttière	U	4	Madagascar

1.4. Réseaux divers

Terrassement

Tableau 19 : Identification des PGO du TP2 Terrassement (TP1 Réseaux Divers)

Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Surface terrassement	m	1603,50	-
Sable fin	m	12,83	Diégo
Graviers 5/20	t	4.36	Diégo

Réseaux eaux usées

Tableau 20 : Identification des PGO du TP2 Réseaux EU (TP1 Réseaux Divers)

Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Collecteur d'eaux usées	U	1	Madagascar
Regard de branchement	U	1	Madagascar
Tube d'évacuation Ø 40	m	18	Madagascar
Tube d'évacuation Ø 100	m	42,5	Madagascar
Té femelle/femelle Ø 100	U	6	Madagascar
Tampon de réduction mâle/femelle Ø	U	2	Madagascar
Coude Ø40 PVC	U	2	Madagascar
Coude Ø100 PVC	U	2	Madagascar
Siphon raccordement Ø 40	U	2	Madagascar
Bras de siphon PVC	m	2,4	Madagascar

Réseaux eaux potables

Tableau 21 : Identification des PGO du TP2 Réseaux EP (TP1 Réseaux Divers)

Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Compteur d'eau potable	U	1	France
Tuyau polyéthylène Ø 25	m	30,2	Madagascar
Té polyéthylène Ø 25	U	5	Madagascar
Raccord coudé polyéthylène Ø 25	U	5	Madagascar
Té mâle au centre PE/cuivre Ø	U	2	Madagascar
Raccord coudé laiton PE/cuivre Ø 25/10	U	1	Madagascar

Réalisation du réseau électrique

Tableau 22 : Identification des PGO du TP2 Réseaux Courant fort/faible (TP1 Réseaux Divers)

Courants	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Fort	Compteur d'électricité	U	1	France
	Câble électrique	m	50	France
Faible	Câble fibre optique	m	65	France

Enduits et peintures extérieurs

Tableau 23 : Dimensionnement du mur

Surface murale à enduire [m^2]	325,82
Epaisseur enduit [m]	0,012

Tableau 24 : Identification des PSO du TP2 Enduits extérieurs

Produit	Unité	Quantité total	Pays d'origine
Sable 0/4	m^3	3,01	Diego (Madagascar)
Sable 0/2	m^3	1,63	Diego (Madagascar)
Chaux hydrauliques NHL	kg	1368,44	Madagascar
Eau	L	793,92	Diego (Madagascar)
Charges minérales légères	kg	162,91	Diego (Madagascar)

Tableau 25 : Identification des PSO du TP2 peintures extérieurs

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Peinture à l'eau	Peinture acrylique (monocouche)	L	65,164	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois (matte, bicouche)	L	30,84	Madagascar

2. Produits du second œuvre (PSO)

Salle de classe SC1

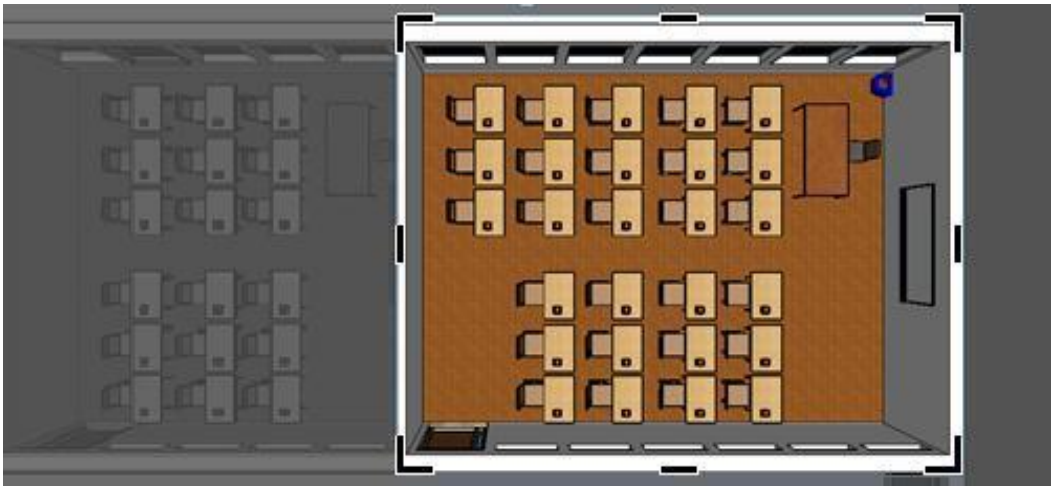


Figure 1 : Salle de classe 1

Menuiserie

Tableau 26 : Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF SC1)

TP	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur battante en bois	1	m²	3,64	Madagascar
	Jalousie en bois	7	m²	14,56	Madagascar
	Fenêtre basculante avec un vitrage simple transparent	6	m²	3,82	Madagascar

Cloison

Tableau 27 : Dimensionnement des cloisons (EF SC1)

Longueur mur [m]	8
Hauteur [m]	3
Surface totale mur [m]	24
Nombre de béton/m2	6,67
Surface face de pose du béton [m^2]	0,042
Consommation colle [kg/ m^2]	1,2

Tableau 28 : Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF SC1)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Cloison	Béton cellulaire	m	24,00	Béton Ouest (Majunga)
	Mortier colle	kg	4,03	Diego (Madagascar)
	Gâchage	L	0,88	Diego (Madagascar)

Enduit intérieur hydrofuge

Tableau 29 : Dimensionnement des murs à enduire (EF SC1)

Surface mur sans ouverture	113,94
Surface murale à enduire [m^2]	91,918
Epaisseur [mm]	10

Tableau 30 : Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF SC1)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays
Gobetis dosé à	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	156,26	Madagascar
	Sable 0/4	m3	0,39	Madagascar
	Eau	L	66,80	Madagascar
Corps dosé à	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	137,88	Madagascar
	Sable 0/4	m3	0,46	Madagascar
	Eau	L	78,58	Madagascar
Finition dosé à	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	91,92	Madagascar
	Sable 0/4	m3	0,46	Madagascar
	Eau	L	78,60	Madagascar

Peinture intérieure

Tableau 31 : Dimensionnement de la surface murale et de la menuiserie en bois (EF SC1)

Surface murale à peindre [m^2]	91,918
Surface de la menuiserie en bois	19,214

Tableau 32 : Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF SC1)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	18,38	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois	L	3,84	Madagascar

Revêtement au sol

Tableau 42: Dimensionnement du plancher (EF SC1)

Longueur du plancher [m]	10,99
Largeur du plancher [m]	8
Surface totale du plancher	87,92
Volume [m^3]	1,76

Tableau 33 : Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF SC1)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Revêtement	Bambou	m^3	1,76	Madagascar
	Caoutchouc mousse	m^2	87,92	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 34 : Dimensionnement du plafond (EF SC1)

Longueur du plafond [m]	10,99
Largeur du plafond [m]	8
Surface totale du plafond [m2]	87,92

Tableau 35 : Identification des PSO du TP1 Faux plafonds (EF SC1)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m	1,32
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m	0,05
Clous de fixation	kg	118,
Profilés de ceinture	m	0,07

- *Electricité*

Tableau 36 : Identification des PSO du TP1 Électricité (EF SC1)

TP2	TP3	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gaine		Gaine	m	23	Franc
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	15	Franc
		Fil 1,5 phase	m	15	Franc
		Fil 1,5 terre	m	15	Franc
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	8	Franc
		Fil 2,5 phase	m	8	Franc
		Fil 2,5 terre	m	8	Franc

Salle de classe SC2-SC3-SC4

Figure 2 : Salle de classe 2

Menuiserie

Tableau 37 : Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF SC2-SC3-SC4)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur battante en bois	1	m²	3,64	Madagascar
	Jalousie en bois	5	m²	10,40	Madagascar
	Fenêtre basculante avec un vitrage simple transparent	4	m²	2,55	Madagascar

Cloison

Tableau 38 : Dimensionnement des cloisons (EF SC2-SC3-SC4)

Longueur mur [m]	8
Hauteur [m]	3
Surface totale mur [m]	24
Nombre de béton/m^2	6,67
Surface face de pose du béton [m^2]	0,042
Consommation colle [kg/m^2]	1,2

Tableau 39 : Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF SC2-SC3-SC4)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Cloison	Béton cellulaire	m	24	Béton Ouest (Majunga)
	Mortier colle	Kg	4,03	Diego (Madagascar)
	Gâchage	L	0,88	Diego (Madagascar)

- *Enduit intérieur hydrofuge*

Tableau 40 : Dimensionnement des murs à enduire (EF SC2-SC3-SC4)

Surface mur sans ouverture	96
Surface murale à enduire [m^2]	79,412

Tableau 41 : Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF SC2-SC3-SC4)

TP2	Produit	Unité	Quantité totale	Pays
Gobetis dosé à	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	135,00	Madagascar
	Sable 0/4	m3	0,34	Madagascar
	Eau	L	57,71	Madagascar
Corps dosé à	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	119,12	Madagascar
	Sable 0/4	m3	0,39	Madagascar
	Eau	L	67,89	Madagascar
Finition dosé à	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	79,41	Madagascar
	Sable 0/4	m3	0,40	Madagascar
	Eau	L	67,90	Madagascar

- *Peinture intérieure*

Tableau 42 : Dimensionnement de la surface murale et de la menuiserie en bois (EF SC2-SC3-SC4)

Surface murale à peindre [m^2]	79,412
Surface de la menuiserie en bois	**14,04**

Tableau 43 : Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF SC2-SC3-SC4)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	15,88	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois (matte, bicouche)	L	2,81	Madagascar

- *Revêtement au sol*

Tableau 44 : Dimensionnement de la surface du plancher

Longueur du plancher [m]	8
Largeur du plancher [m]	8
Surface totale du plancher	64

Tableau 45 : Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF SC2-SC3-SC4)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Revêtement	Bambou	m²	1,28	Madagascar
	Caoutchouc mousse	m²	64	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 46 : Dimensionnement du plafond (EF SC2-SC3-SC4)

Longueur du plafond [m]	8
Largeur du plafond [m]	8
Surface totale du plafond	64

Tableau 47 : Identification des PSO du TP1 Faux plafond (EF SC2-SC3-SC4)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m^3	0,96
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m^3	0,05
Clous de fixation	kg	86,4
Profilés de ceinture	m^3	0,06

- *Electricité*

Tableau 48 : Identification des PSO du TP1 Électricité (EF SC2-SC3-SC4)

TP2	TP3	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gaine		Gaine	m	15	Franc
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	10	Franc
		Fil 1,5 phase	m	10	Franc
		Fil 1,5 terre	m	10	Franc
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	6	Franc
		Fil 2,5 phase	m	6	Franc
		Fil 2,5 terre	m	6	Franc

Salle de classe TP1 et TP2

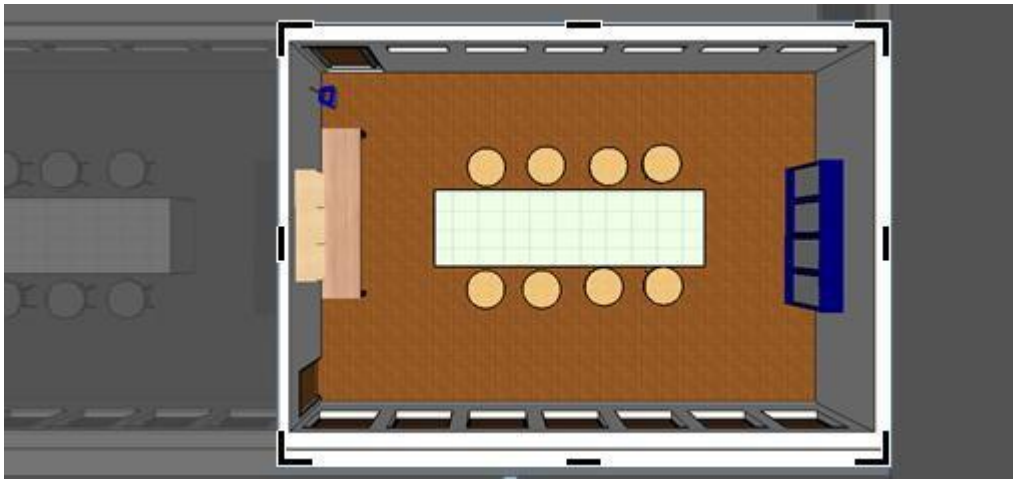


Figure 3 : Salle TP1

Menuiserie

Tableau 49: Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF TP1 et TP2)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays d'origine
Menuiserie bois	Porte intérieur battante en bois type 1	1	m²	3,64	Madagascar
	Porte intérieur battante en bois type	1	m²	2,1	Madagascar
	Jalousie en bois	7	m²	14,56	Madagascar
	Fenêtre basculante avec un vitrage simple transparent	6	m²	3,82	Madagascar

- *Cloison*

Tableau 50: Dimensionnement des cloisons (EF TP1 et TP2)

Longueur mur [m]	8
Hauteur [m]	3
Surface totale mur [m]	24
Nombre de béton/m^2	6,67
Surface face de pose du béton [m^2]	0,042
Consommation colle [kg/m^2]	1,2

Tableau 51: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF TP1 et TP2)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Cloison	Béton cellulaire	m	24	Béton Ouest (Majunga)
	Mortier colle	kg	4,03	Madagascar (Diego)
	Gâchage	L	0,88	Madagascar (Diego)

- *Paillasse*

Tableau 52: Dimensionnement de la paillasse (EF TP1-TP2)

Volume unité [m^3]	1,08
Nombre de paillasse	4
Surface à revêtir [m^2]	13,2
Volume total [m^3]	4,32

Tableau 53: Identification des PSO du TP1 Paillasse (EF TP1 et TP2)

Produits	Unités	Quantité totale	Pays d'origine
Ciment CEM II 32,5	kg	1080,00	Madagascar
Sable de rivière	m^3	1,73	Madagascar
Graviers 5/15	t	8,64	Madagascar
Eau	L	648,0	Madagascar
Carrelage	m^2	52,80	Madagascar
Mortier-colle	kg	26,40	Madagascar

- *Enduit intérieur hydrofuge*

Tableau 54: Dimensionnement des murs à enduire (EF TP1 et TP2)

Surface mur sans ouverture	120
Surface murale [m^2]	95,878

Tableau 55: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF TP1 et TP2)

TP	Produit	Unité	Quantité totale	Pays
Gobetis dosé à 400	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	162,99	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,41	Madagascar
	Eau	L	69,68	Madagascar
Corps dosé à 300	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	143,82	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,48	Madagascar
	Eau	L	81,97	Madagascar
Finition dosé à 200	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	95,88	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,32	Madagascar
	Eau	L	54,65	Madagascar

- *Peinture intérieure*

Tableau 56: Dimensionnement des murs à enduire et des menuiseries à peindre (EF TP1 et TP2)

Surface murale à peindre [m^2]	95,878
Surface de la menuiserie en bois	20,3

Tableau 57: Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF TP1 et TP2)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	19,59	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois	L	2,62	Madagascar

- *Revêtement au sol*

Tableau 58: Dimensionnement du plancher (EF TP1 et TP2)

Longueur du plancher [m]	12
Largeur du plancher [m]	8
Surface totale du plancher [m]	96

Tableau 59: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF TP1 et TP2)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Revêtement	Bambou	m^2	96	Madagascar
	Caoutchouc Mousse	m^2	96	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 60: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF TP1 et TP2)

Longueur plafond [m]	12
Largeur plafond [m]	8
Surface totale plafond [m^2]	96

Tableau 61: Identification des PSO du TP1 Faux plafond (EF TP1 et TP2)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m^3	1,44
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m^3	2,64
Clous de fixation	kg	129,
Profilés de ceinture	m^3	0,08

- *Electricité*

Tableau 62: Identification des PSO du TP1 Électricité (EF TP1 et TP2)

TP2	TP3	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gaine		Gaine	m	23	Franc
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	15	Franc
		Fil 1,5 phase	m	15	Franc
		Fil 1,5 terre	m	15	Franc
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	8	Franc
		Fil 2,5 phase	m	8	Franc
		Fil 2,5 terre	m	8	Franc

Salle de classe TP3

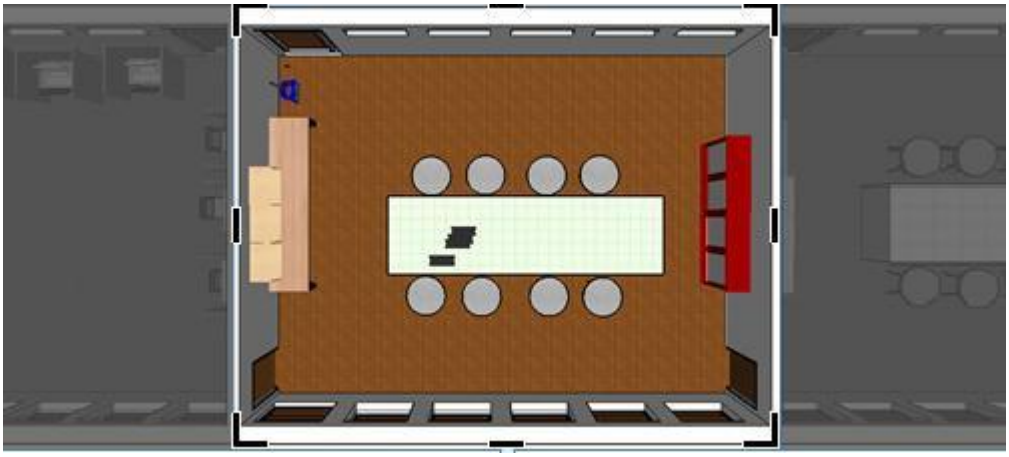


Figure 4 : Salle TP3

Menuiserie

Tableau 63: Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF TP3)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur battante en bois (type	1	m²	3,64	Madagascar
	Porte intérieur battante en bois (type	1	m²	2,1	Madagascar
	Jalousie en bois	6	m²	12,48	Madagascar
	Fenêtre basculante avec un vitrage simple transparent	5	m²	3,822	Madagascar

Cloison

Tableau 64: Dimensionnement des cloisons (EF TP3)

Longueur mur [m]	8
Hauteur [m]	3
Surface totale mur [m]	24
Nombre de bloc béton/m^2	6,67
Consommation colle [kg/m^2]	1,2

Tableau 65: Identification des PSO du TP1 Cloison (EF TP3)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Cloison	Béton cellulaire	m	24	Béton Ouest (Majunga)
	Mortier colle	kg	4,03	Madagascar (Diégo)
	Gâchage	L	0,88	Madagascar (Diego)

Paillasse

Tableau 66: Dimensionnement de la paillasse (EF TP3)

Volume unité [m^3]	1,08
Nombre de paillasse	3
Surface à revêtir	13,2
Volume total [m^3]	3,24

Tableau 67: Identification des PSO du TP1 Paillasse (EF TP3)

Produits	Unités	Quantité totale	Pays
Ciment CEM II 32,5	kg	810,0	Madagascar
Sable de rivière	m^3	1,29	Madagascar
Graviers 5/15	t	6,48	Madagascar
Eau	L	486,0	Madagascar
Carrelage	m^2	39,60	Madagascar
Mortier-colle	kg	19,80	Madagascar

Enduit intérieur hydrofuge

Tableau 68: Dimensionnement des murs à enduire (EF TP3)

Surface mur sans ouverture	111,84
Surface murale [m^2]	90,435

Tableau 69: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF TP3)

TP	Produit	Unité	Quantité totale	Pays
Gobetis dosé à 400	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	153,74	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,38	Madagascar
	Eau	L	65,7	Madagascar
Corps dosé à 300	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	135,65	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,45	Madagascar
	Eau	L	77,3	Madagascar
Finition dosé à 200	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	90,4	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,45	Madagascar
	Eau	L	77,3	Madagascar

Peinture intérieure

Tableau 70: Dimensionnement des murs à enduire et de la menuiserie à peindre (EF TP3)

Surface murale à peindre [m^2]	90,435
Surface de la menuiserie en bois	18,22

Tableau 71: Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF TP3)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	18,087	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois (matte, bicouche)	L	2,4544	Madagascar

Revêtement au sol

Tableau 72: Dimensionnement du plancher (EF TP3)

Longueur du plancher [m]	10,64
Largeur du plancher [m]	8
Surface totale du plancher	85,12

Tableau 73: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF TP3)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Revêtement	Bambou	m	1,7	Madagascar
	Caoutchouc mousse	m²	85,12	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 74: Dimensionnement du plafond (EF TP3)

Longueur plafond [m]	10,64
Largeur plafond [m]	8
Surface totale plafond [m^2]	85,12

Tableau 75: Identification des PSO du TP1 Faux plafond (EF TP3)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m	1,28
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m	0,05
Clous de fixation	kg	114,91
Profilés de ceinture	m	0,07

- *Electricité*

Tableau 76: Identification des PSO du TP1 Électricité (EF TP3)

TP	TP	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gaine		Gaine	m	20	Franc
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	10	Franc
		Fil 1,5 phase	m	10	Franc
		Fil 1,5 terre	m	15	Franc
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	6	Franc
		Fil 2,5 phase	m	6	Franc
		Fil 2,5 terre	m	6	Franc

Salle d'info

Figure 5 : Salle d'info

Menuiserie

Tableau 77: Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF Salle d'info)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur battante en bois (type	1	m²	3,64	Madagascar
	Porte intérieur battante en bois (type	1	m²	2,1	Madagascar
	Jalousie en bois	5	m²	10,4	Madagascar
	Fenêtre basculante avec un vitrage simple transparent	4	m²	2,548	Madagascar

Cloison

Tableau 78: Dimensionnement des cloisons (EF Salle d'info)

Longueur mur [m]	8
Hauteur [m]	3
Surface totale mur [m]	24
Nombre de béton/m^2	6,67
Surface face de pose du béton [m^2]	0,042
Consommation colle [kg/m^2]	1,2

Tableau 79: Identification des PSO du TP1 Cloison (EF Salle d'info)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Cloison	Béton cellulaire	m	24	Béton Ouest (Majunga)
	Mortier colle	kg	4,03	Madagascar (Diego)
	Gâchage	L	0,88	Madagascar (Diego)

Enduit intérieur hydrofuge

Tableau 80: Dimensionnement des murs à enduire (EF Salle d'info)

Surface mur sans ouverture	118,68
Surface murale [m^2]	99,992

Tableau 81: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF Salle d'info)

TP	Produit	Unité	Quantité totale	Pays
Gobetis dosé à 400	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	169,9	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,42	Madagascar
	Eau	L	72,67	Madagascar
Corps dosé à 300	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	150,0	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,49	Madagascar
	Eau	L	85,49	Madagascar
Finition dosé à 200	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	99,99	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,50	Madagascar
	Eau	L	85,49	Madagascar

Peinture intérieure

Tableau 82: Dimensionnement des murs à enduire et de la menuiserie à peindre (EF Salle d'info)

Surface murale à peindre [m^2]	99,992
Surface de la menuiserie en bois	5,74

Tableau 83: Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF Salle d'info)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	19,99	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois (matte, bicouche)	L	3,23	Madagascar

- *Revêtement au sol*

Tableau 84: Dimensionnement du plancher (EF Salle d'info)

Longueur du plancher [m]	8,78
Largeur du plancher [m]	8
Surface totale du plancher [m]	70,24

Tableau 85: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF Salle d'info)

TP1	Produi	Unité	Quantité	Pays d'origine
Revêtement	Bambou	m	1,4	Madagascar
	Caoutchouc	m²	70,24	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 86: Dimensionnement du plafond (EF Salle d'info)

Longueur plafond [m]	8,78
Largeur plafond [m]	8
Surface totale plafond [m^2]	70,24

Tableau 87: Identification des PSO du TP1 Faux plafond (EF Salle d'info)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m	1,05
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m	0,05
Clous de fixation	kg	94,8
Profilés de ceinture	m	0,07

- *Electricité*

Tableau 88: Identification des PSO du TP1 Électricité (EF Salle d'info)

TP2	TP3	Produit	Unité	Quantité	Pays
Gaine		Gaine	m	20	France
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	10	France
		Fil 1,5 phase	m	10	France
		Fil 1,5 terre	m	10	France
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	6	France
		Fil 2,5 phase	m	6	France
		Fil 2,5 terre	m	6	France

Local technique

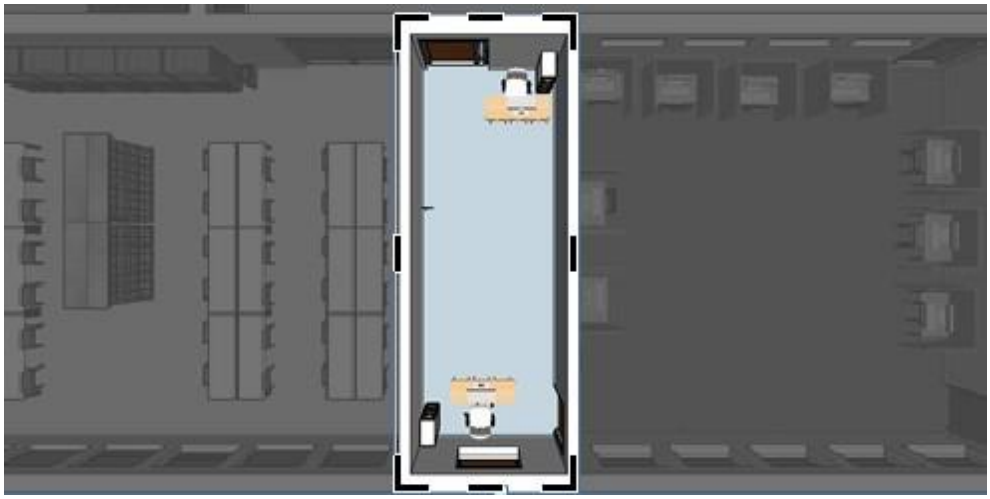


Figure 6 : Local technique

Menuiserie

Tableau 89: Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF Local technique)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur battante en bois (type	1	m²	3,64	Madagascar
	Jalousie en bois	1	m²	2,08	Madagascar

Cloison

Tableau 90: Dimensionnement des cloisons (EF Local technique)

Longueur mur [m]	8
Hauteur [m]	3
Surface totale mur [m]	24
Surface face de pose du béton [m^2]	0,042
Consommation colle [kg/m^2]	1,2

Tableau 91: Identification des PSO du TP1 Cloison (EF Local technique)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Cloison Mortier	Béton cellulaire	m^2	24	Béton Ouest (Majunga)
	colle	kg	4,03	Madagascar (Diego)
	Gâchage	L	0,88	Madagascar (Diego)

Enduit intérieur hydrofuge

Tableau 92: Dimensionnement des murs à enduire (EF Local technique)

Surface mur sans ouverture	66
Surface murale [m^2]	60,28

Tableau 93: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF Local technique)

TP	Produit	Unité	Quantité totale	Pays
Gobetis dosé à 400	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	102,40	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,26	Madagascar
	Eau	L	43,8	Madagascar

Corps dosé à 300	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	90,4	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,30	Madagascar
	Eau	L	51,5	Madagascar
Finition dosé à 200	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	60,2	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,30	Madagascar
	Eau	L	51,5	Madagascar

Peinture intérieure

Tableau 94: Dimensionnement des murs et de la menuiserie (EF Local technique)

Surface murale à peindre [m^2]	60,28
Surface de la menuiserie en bois	5,72

Tableau 95: Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF Local technique)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	12,06	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois (matte, bicouche)	L	1,14	Madagascar

Revêtement au sol

Tableau 96: Dimensionnement du plancher (EF Local technique)

Longueur du plancher [m]	3
Largeur du plancher [m]	8
Surface totale du plancher [m]	24

Tableau 97: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF Local technique)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Revêtement	Bambou	m²	0,48	Madagascar
	Caoutchouc mousse	m²	24	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 98: Dimensionnement du plafond (EF Bloc technique)

Longueur plafond [m]	3
Largeur plafond [m]	8
Surface totale plafond [m^2]	24

Tableau 99: Identification des PSO du TP1 Faux plafond (EF Bloc technique)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m	0,36
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m	0,05
Clous de fixation	kg	32,4
Profilés de ceinture	m	0,04

- *Electricité*

Tableau 100: Identification des PSO du TP1 Électricité (EF Bloc technique)

TP2	TP3	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gaine		Gaine	m	20	Franc
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	10	Franc
		Fil 1,5 phase	m	10	Franc
		Fil 1,5 terre	m	10	Franc
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	6	Franc
		Fil 2,5 phase	m	6	Franc
		Fil 2,5 terre	m	6	Franc

1.4.1. Bibliothèque

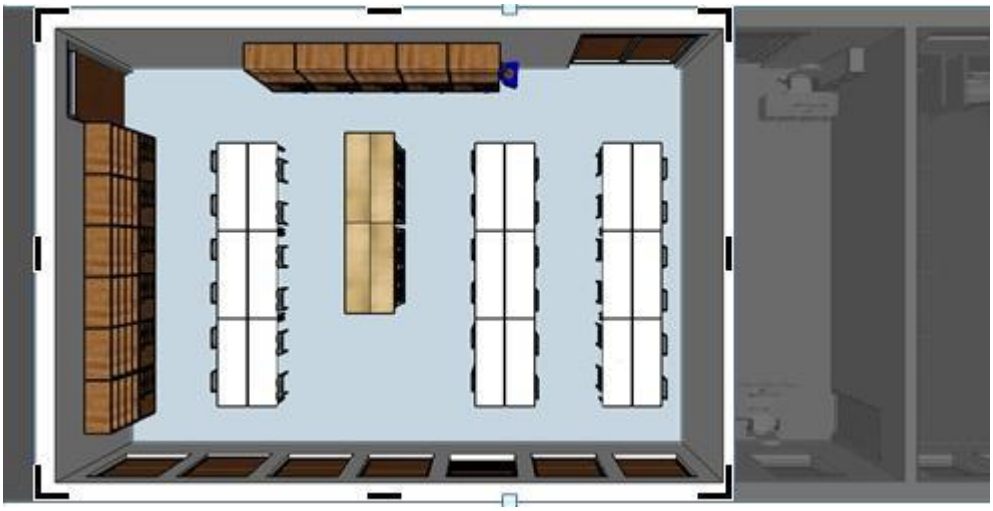


Figure 7 : Bibliothèque

Menuiserie

Tableau 101: Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF Bibliothèque)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur en bois à 2	1	m²	6,76	Madagascar
	Porte extérieur battante en bois	1	m²	3,64	Madagascar
	Jalousie en bois	8	m²	16,64	Madagascar

Enduit intérieur hydrofuge

Tableau 102: Dimensionnement des murs à enduire (EF Bibliothèque)

Surface mur sans ouverture	118,68
Surface murale [m^2]	91,64

Tableau 103: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF Bibliothèque)

TP	Produit	Unité	Quantité totale	Pays
Gobetis dosé à 400	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	155,8	Madagascar
	Sable 0/4	m3	0,39	Madagascar
	Eau	L	66,60	Madagascar
Corps dosé à 300	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	137,4	Madagascar
	Sable 0/4	m3	0,46	Madagascar
	Eau	L	78,35	Madagascar

Finition dosé à 200	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	91,64	Madagascar
	Sable 0/4	m3	0,46	Madagascar
	Eau	L	78,35	Madagascar

Peinture intérieure

Tableau 104: Dimensionnement des murs et de la menuiserie (EF Bibliothèque)

Surface murale à peindre [m2]	91,64
Surface de la menuiserie en bois	27,04

Tableau 105: Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF Bibliothèque)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	18,33	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois	L	5,41	Madagascar

Revêtement au sol

Tableau 106: Dimensionnement du plancher (EF Bibliothèque)

Longueur du plancher [m]	11,78
Largeur du plancher [m]	8
Surface totale du plancher [m]	94,24

Tableau 107: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF Bibliothèque)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Revêtement	Bambou	m^3	1,88	Madagascar
	Caoutchouc	m^2	94,24	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 108: Dimensionnement du plafond (EF Bibliothèque)

Longueur plafond [m]	11,78
Largeur plafond [m]	8
Surface totale plafond [m^2]	94,24

Tableau 109: Identification des PSO du TP1 Faux plafond (EF Bibliothèque)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m	1,41
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m	0,05
Clous de fixation	kg	127,22
Profilés de ceinture	m	0,08

- *Electricité*

Tableau 110: Identification des PSO du TP1 Électricité (EF Bibliothèque)

TP2	TP3	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gaine		Gaine	m	23	Franc
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	15	Franc
		Fil 1,5 phase	m	15	Franc
		Fil 1,5 terre	m	15	Franc

	Prises	Fil 2,5 neutre	m	8	Franc
		Fil 2,5 phase	m	8	Franc
		Fil 2,5 terre	m	8	Franc

Bureau administratif

Figure 8 : Bureau administratif

Menuiserie

Tableau 111: Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF Bureau)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur en bois à 2	1	m²	6,76	Madagascar
	Porte extérieur battante en bois	1	m²	3,64	Madagascar
	Jalousie en bois	5	m²	10,4	Madagascar

Enduit intérieur hydrofuge

Tableau 112: Dimensionnement des murs à enduire (EF Bureau)

Surface mur sans ouverture	112,38
Surface murale [m^2]	91,58

Tableau 113: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF Bureau)

TP2	Produit	Unité	Quantité totale	Pays
Gobetis dosé à 400	Chaux hydrauliques NHL	kg	155,7	Madagascar
	Sable 0/4	m	0,4	Madagascar
	Eau	L	66,5	Madagascar
Corps dosé à 300	Chaux hydrauliques NHL	kg	137,4	Madagascar
	Sable 0/4	m	0,4	Madagascar
	Eau	L	78,3	Madagascar
Finition dosé à 200	Chaux hydrauliques NHL	kg	91,6	Madagascar
	Sable 0/4	m	0,4	Madagascar
	Eau	L	78,3	Madagascar

Peinture intérieure

Tableau 114: Dimensionnement des murs à enduire et de la menuiserie à peindre (EF Bureau)

Surface murale à peindre [m^2]	91,58
Surface de la menuiserie en bois	20,8

Tableau 115: Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF Bureau)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	18,32	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois	L	4,16	Madagascar

- *Revêtement au sol*

Tableau 116: Dimensionnement du plancher (EF Bureau)

Longueur du plancher [m]	7,78
Largeur du plancher [m]	10,95
Surface totale du plancher [m]	85,21

Tableau 117: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF Bureau)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Revêtement	Bambou	m	1,70	Madagascar
	Caoutchouc mousse	m^2	85,21	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 118: Dimensionnement du plafond (EF Bureau)

Longueur du plafond [m]	7,78
Largeur du plafond [m]	10,95
Surface totale du plafond [m^2]	85,21

Tableau 119: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF Bureau)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m	1,28
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m	0,06
Clous de fixation	kg	115,00
Profilés de ceinture (1.3cm×15cm)	m	0,07

- *Electricité*

Tableau 120: Identification des PSO du TP1 Électricité (EF Bureau)

TP2	TP3	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gaine		Gaine	m	23	Franc
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	15	Franc
		Fil 1,5 phase	m	15	Franc
		Fil 1,5 terre	m	15	Franc
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	8	Franc
		Fil 2,5 phase	m	8	Franc
		Fil 2,5 terre	m	8	Franc

Salle de réunion

Figure 9 : Salle de réunion

Menuiserie

Tableau 121: Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF Salle de réunion)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur en bois à 1 battante	1	m²	3,64	Madagascar
	Jalousie en bois	4	m²	8,32	Madagascar
	Fenêtre basculante avec un vitrage simple transparent	3	m²	1,911	Madagascar

Cloison

Tableau 122: Dimensionnement des cloisons (EF Salle de réunion)

Longueur mur [m]	8
Hauteur [m]	3
Surface totale mur [m]	24
Nombre de béton/m^2	6,67
Consommation colle [kg/m^2]	1,2

Tableau 123: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF Salle de réunion)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Cloison	Béton cellulaire	m^2	24	Béton Ouest (Majunga)
	Mortier colle	kg	4,03	Madagascar (Diego)
	Gâchage	L	0,88	Madagascar (Diego)

Enduit intérieur hydrofuge

Tableau 124: Dimensionnement des murs à enduire (EF Salle de réunion)

Surface mur sans ouverture	91,26
Surface murale [m^2]	77,389

Tableau 125: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF Salle de réunion)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gobetis dose a 400	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	131,56	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,33	Madagascar
	Eau	L	56,24	Madagascar

Corps dosé à 300	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	116,08	Madagascar
	Sable 0/4	m	0,38	Madagascar
	Eau	L	66,17	Madagascar
Finition dosé à 200	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	77,40	Madagascar
	Sable 0/2	m	0,38	Madagascar
	Eau	L	66,18	Madagascar

Peinture intérieure

Tableau 126: Dimensionnement des murs et de la menuiserie (EF Salle réunion)

Surface murale à peindre [m^2]	77,389
Surface de la menuiserie en bois	11,96

Tableau 127: Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF Salle réunion)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	15,48	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois	L	2,40	Madagascar

Revêtement au sol

Tableau 128: Dimensionnement du plancher (EF Salle de réunion)

Longueur du plancher [m]	7,21
Largeur du plancher [m]	8
Surface totale du plancher	57,68
Epaisseur [m]	0,02

Tableau 129: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF Salle de réunion)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Revêtement	Bambou	m	1,15	Madagascar
	Caoutchouc mousse	m^2	57,68	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 130: Dimensionnement du plafond (EF Salle de réunion)

Longueur plafond [m]	7,21
Largeur plafond [m]	8
Surface totale plafond [m^2]	57,68

Tableau 131: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF Salle de réunion)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m	0,86
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m	0,05
Clous de fixation	kg	77,8
Profilés de ceinture	m	0,06

- *Electricité*

Tableau 132: Identification des PSO du TP1 Électricité (EF Salle de réunion)

TP2	TP3	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gaine		Gaine	m	20	Franc
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	10	Franc
		Fil 1,5 phase	m	10	Franc
		Fil 1,5 terre	m	10	Franc
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	6	Franc
		Fil 2,5 phase	m	6	Franc
		Fil 2,5 terre	m	6	Franc

1.4.2. Toilettes

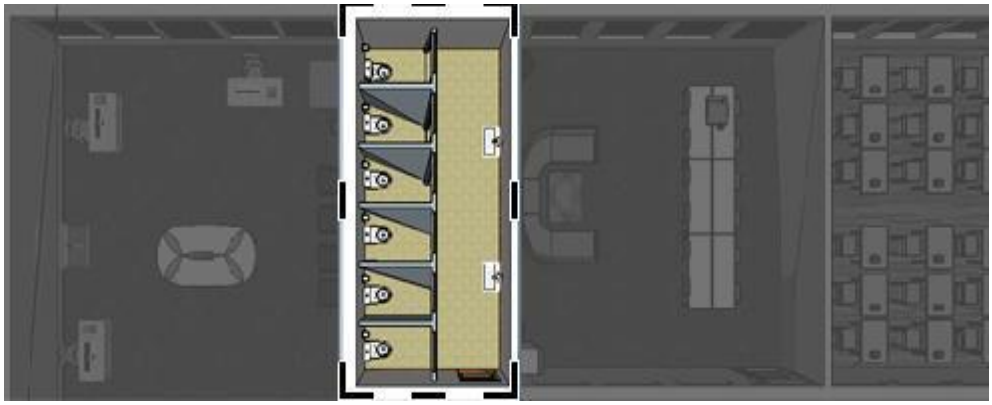


Figure 10 : Toilette

Menuiserie

Tableau 133: Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF Toilettes)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte intérieur en bois à 1 battante (type 1)	1	m²	3,64	Madagascar
	Porte intérieur en bois à 1 battante (type 1'')	6	m²	1,89	Madagascar

Cloison

Tableau 134: Dimensionnement des cloisons (EF Toilettes)

Longueur mur [m]	8
Hauteur [m]	3
Surface totale mur [m]	24
Consommation colle [kg/m^2]	1,2

Tableau 135: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF Toilettes)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Cloison	Béton cellulaire	m	24	Béton Ouest
	Mortier colle	kg	4,03	Madagascar (Diego)
	Gâchage	L	0,88	Madagascar (Diego)
	Panneau en bois	m	21,9	Madagascar (Diego)

Enduit intérieur hydrofuge

Tableau 136: Dimensionnement des murs à enduire (EF Toilettes)

Surface murale [m^2]	66,26
Nombre de couche	1
Quantité par m^2 (L)	22

Tableau 137: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF Toilettes)

TP2	Produit	Unité	Quantité totale	Pays d'origine
Gobetis dosé à 400	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	93,36	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,23	Madagascar
	Eau	L	39,91	Madagascar
Corps dosé à 300	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	82,38	Madagascar
	Sable 0/4	m^3	0,27	Madagascar
	Eau	L	46,96	Madagascar
Finition dosé à 200	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	54,92	Madagascar
	Sable 0/2	m^3	0,27	Madagascar
	Eau	L	46,96	Madagascar

Peinture intérieure

Tableau 138: Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF Toilettes)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Peinture à l'eau	Peinture vinylique	L	13,252	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois (matte, bicouche)	L	0,1664	Madagascar

Revêtement au sol

Tableau 139: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF Toilettes)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Revêtement	Carrelage	m^2	29,2	France
	Mortier colle	m	5,84	France

- *Faux plafonds*

Tableau 130: Dimensionnement du plafond

Longueur plafond [m]	3,65
Largeur plafond [m]	8
Surface totale plafond [m2]	29,2

Tableau 141: Identification des PSO du TP1 Faux plafonds (EF Toilettes)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m	0,44
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m	0,05
Clous de fixation	kg	39,4
Profilés de ceinture	m	0,04

- *Electricité*

Tableau 142: Identification des PSO du TP1 Électricité (EF Toilettes)

TP	TP	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
Gaine		Gaine	m	15	Franc
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	8	Franc
		Fil 1,5 phase	m	8	Franc
		Fil 1,5 terre	m	8	Franc
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	6	Franc
		Fil 2,5 phase	m	6	Franc
		Fil 2,5 terre	m	6	Franc

Dégagement

Figure 11 : Dégagement

Menuiserie

Tableau 143: Identification des PSO du TP1 Menuiserie (EF Dégagement)

TP2	Produit	Nombre	Unité	Quantité	Pays
Menuiserie bois	Porte extérieur en bois à 2 battante	1	m²	6,76	Madagascar
	Porte extérieur en bois à 3 battante	1	m²	7,8	Madagascar

Enduit intérieur hydrofuge

Tableau 144: Dimensionnement des murs à enduire (EF Dégagement)

Surface mur sans ouverture	372,72
Surface murale [m^2]	277,846

Tableau 145: Identification des PSO du TP1 Enduit intérieur (EF Dégagement)

TP	Produit	Unité	Quantité totale	Pays
Gobetis dosé à 400	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	472,3	Madagascar
	Sable 0/4	m	1,18	Madagascar
	Eau	L	201,9	Madagascar
Corps dosé à 300	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	416,7	Madagascar
	Sable 0/4	m	1,38	Madagascar
	Eau	L	237,5	Madagascar
Finition dosé à 200	Chaux hydrauliques NHL 2	kg	277,8	Madagascar
	Sable 0/2	m	1,38	Madagascar
	Eau	L	237,5	Madagascar

Peinture intérieure

Tableau 146: Dimensionnement des murs et de la menuiserie (EF Dégagement)

Surface murale à peindre [m^2]	277,846
Surface de la menuiserie en bois	75,218

Tableau 147: Identification des PSO du TP1 Peinture intérieure (EF Dégagement)

TP	Produit	Unité	Quantité	Pays
Peinture à l'eau	Peinture acrylique	L	55,57	Madagascar
	Peinture acrylique pour bois	L	15,04	Madagascar

- *Revêtement au sol*

Tableau 148: Dimensionnement du plancher (EF Dégagement)

Surface du plancher 1 [m]	133,04
Surface du plancher 2 [m]	33,4
Surface totale du plancher [m]	166,44

Tableau 149: Identification des PSO du TP1 Revêtement sol (EF Dégagement)

TP2	Produit	Unité	Quantité	Pays
Revêtement	Bambou	m	3,34	Madagascar
	Caoutchouc mousse	m^2	166,44	Madagascar

- *Faux plafonds*

Tableau 150: Dimensionnement du plafond (EF Dégagement)

Longueur plafond [m]	133,042
Largeur plafond [m]	33,4
Surface totale plafond [m]	166,442

Tableau 151: Identification des PSO du TP1 Faux plafonds (EF Dégagement)

Produits	Unités	Quantité
Lambris en bambou (e=1.5cm)	m^3	2,5
Tasseaux en bois (e=2.2cm)	m^3	0,2
Clous de fixation	kg	224,
Profilés de ceinture	m^3	0,6

- *Electricité*

Tableau 152: Identification des PSO du TP1 Électricité (EF Dégagement)

TP2	TP3	Produit	Unité	Quantité	Pays
Gaine		Gaine	m	30	France
Fil électrique	**Éclairage**	Fil 1,5 neutre	m	25	France
		Fil 1,5 phase	m	25	France
		Fil 1,5 terre	m	25	France
	Prises	Fil 2,5 neutre	m	6	France
		Fil 2,5 phase	m	6	France
		Fil 2,5 terre	m	6	France

3. Produits d'équipement

Équipement du second œuvre

Tableau 153: Identification des PE du TP1 Équipement de second œuvre

	Produit	UF	Quantité	Pays d'origine
SC1	Prise électrique	U	5	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
SC2-SC3-SC4	Prise électrique	U	4	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
TP1-TP2	Prise électrique	U	10	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
TP3	Prise électrique	U	10	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
Salle d'info	Prise électrique	U	10	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
Local technique	Prise électrique	U	2	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
Bibliothèque	Prise électrique	U	4	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
Bureau	Prise électrique	U	4	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
Toilette	Prise électrique	U	0	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
	Evier	U	2	Franc
	Pack WC	U	6	Franc
Salle de réunion	Prise électrique	U	2	Franc
	Interrupteur	U	1	Franc
Dégagement	Prise électrique	U	0	Franc
	Interrupteur	U	2	Franc

Eclairage

Tableau 154: Identification des PE du TP1 Eclairage

	Produit	Unité	Quantité	Pays d'origine
SC1	Ampoule LED	U	12	Franc
SC2-SC3-SC4	Ampoule LED	U	10	Franc
TP1-TP2	Ampoule LED	U	12	Franc
TP3	Ampoule LED	U	10	Franc
Salle d'info	Ampoule LED	U	10	Franc
Local technique	Ampoule LED	U	4	Franc
Bibliothèque	Ampoule LED	U	20	Franc
Bureau	Ampoule LED	U	12	Franc
Toilette	Ampoule LED	U	7	Franc
Salle de réunion	Ampoule LED	U	10	Franc
Dégagement	Ampoule LED	U	24	Franc

Confort

Tableau 155: Identification des PE du TP1 Confort

	Produit	Classe	Unité fonctionnelle	Quantité	Pays d'origine
SC1	Brasseur	A	U	6	France
SC2-SC3-SC4	Brasseur	A	U	4	France
TP1-TP2	Brasseur	A	U	4	France
TP3	Brasseur	A	U	6	France
Salle d'info	Brasseur	A	U	4	France
Local technique	-	A	U	1	France
Bibliothèque	Brasseur	A	U	4	France
Bureau	Brasseur	A	U	4	France
Toilette	-	A	U	0	France
Salle de réunion	Brasseur	A	U	2	France
Dégagement	-	A	U	0	France

Mobilier

Tableau 156: Identification des PE du TP1 Mobiliers

	Produit	Unité fonctionnelle	Quantité	Pays d'origine
SC1	Chaise en bois	U (30x50)	28	Madagascar
	Table en bois	U (50x190)	28	Madagascar
	Table bureau (bois)	U (80x120)	1	France
	Tableau blanc	U (350x100)	1	France
SC2-SC3-SC4	Chaise en bois	U (30x50)	19	Madagascar
	Table en bois	U (50x190)	19	Madagascar
	Table bureau (bois)	U (80x120)	1	France
	Tableau blanc	U (350x100)	1	France
TP1-TP2	Chaise en bois	U (30x50)	15	Madagascar
	Table en bois	U (50x190)	5	Madagascar
	Tableau blanc	U (350x100)	1	France
	Armoire de rangement	U	1	France
TP3	Chaise en bois	U (30x50)	15	Madagascar
	Table en bois	U (80x120)	1	Madagascar
	Tableau blanc	U (350x100)	1	France
	Armoire de rangement	U	1	France
Salle d'info	Chaise en bois	U (30x50)	12	Madagascar
	Table fusion bench	U	2	France
	Tableau blanc	U (350x100)	1	France
Local technique	Chaise de bureau	U (30x50)	2	France
	Meuble de rangement	U	2	France
	Etagère en bois	U	1	Madagascar
Bibliothèque	Chaise en bois	U (30x50)	37	Madagascar
	Table de lecture	U (80x120)	36	Madagascar
	Table de bureau	U (80x120)	1	Madagascar
	Etagère en bois	U	3	Madagascar
Bureau	Chaise de bureau	U	3	France
	Canapé	U	1	France
	Meuble de rangement	U	3	France
	Chaise de salon	U	4	France
	Armoire de rangement	U	1	France
	Moquettes en PA	U	1	France
Toilette	-	U	-	-

4.	**Salle de réunion**	Chaise en bois	U (30x50)	20	Madagascar
		Table en bois	U	4	Madagascar
		Tableau blanc	U (350x100)	1	France
	Dégagement	-	-	-	-

Multimédia et bureautique

Tableau 157: Identification des PE du TP1Multimédia et bureautique

	Produit	Class	Unité	Quantité	Pays
SC1- SC2-SC3-	-	-	-	-	-
TP1-TP2-TP3	-	-	-	-	-
Salle d'info	Ordinateur de bureau	-	U	12	Chine
	Imprimante	-	U	1	Chine
	Photocopieuse	-	U	1	Chine
	Décodeur	-	U	1	Chine
	Dispositif incendie	-	U	1	Chine
Local technique	Ordinateur de bureau	-	U	2	Chine
	Imprimante	-	U	1	Chine
	Photocopieuse	-	U	1	Chine
	Téléphone fixe	-	U	1	Chine
Bibliothèque	Ordinateur de bureau	-	U	1	Chine
	Téléphone fixe	-	U	1	Chine
Bureau	Ordinateur de bureau	-	U	3	Chine
	Imprimante	-	U	1	Chine
	Photocopieuse	-	U	1	Chine
	Téléphone fixe	-	U	3	Chine
	Décodeur	-	U	0	Chine
	Chaîne hi-fi	-	U	0	Chine
Toilette	-	-	-	-	-
Salle de réunion	Projecteur	-	U	1	Chine
	Ampli	-	U	1	Chine
Dégagement	Dispositif incendie	-	U	1	Chine

Entretien

Tableau 158 : Identification des PE du TP1 Entretien

	Produit	Unité	Quantité	Pays
SC1	Balai	U	1	Madagascar
	Chiffon en coton	U	1	Madagascar
	Bac à ordures	U	1	Madagascar
SC2-SC3-SC4	Balai	U	1	Madagascar
	Chiffon en coton	U	1	Madagascar
	Bac à ordures	U	1	Madagascar
TP1-TP2-TP3	Balai	U	1	Madagascar
	Chiffon en coton	U	1	Madagascar
	Bac à ordures	U	1	Madagascar
Salle d'info	Balai	U	1	Madagascar
	Bac à ordures	U	1	Madagascar
	Nappes de table	U	2	Madagascar

Local technique	Balai	U	1	Madagascar
	Bac à ordures	U	1	Madagascar
	Nappes de table	U	2	Madagascar
Bibliothèque	Balai	U	1	Madagascar
	Bac à ordures	U	1	Madagascar
Bureau	Balai	U	1	Madagascar
	Bac à ordures	U	1	Madagascar
	Chiffons de table	U	3	Madagascar
	Nappes de table	U	3	Madagascar
Toilette	Balai	U	1	Madagascar
	Bac à ordures	U	7	Madagascar
Salle de réunion	Balai	U	1	Madagascar
	Chiffons en coton	U	1	Madagascar
	Bac à ordures	U	1	Madagascar
Dégagement	Balai	U	2	Madagascar
	Bac à ordure	U	3	Madagascar
	Chiffons	U	2	Madagascar

Annexe 2 : Facteurs d'émissions des différents produits utilisés

Cette annexe présente l'ensemble des tableaux qui sont nécessaires à la collecte des données.

1. FACTEURS D'EMISSIONS LIEES AUX TRANSPORTS

- **Transport routier (source ADEME)**

Nous pouvons parvenir à des émissions moyennes par véhicules dans les tableaux ci-après.

Tableau 1 : Facteurs d'émissions moyens nationaux des transports de marchandise selon la classe de PTAC

Classe de PTAC	Grammes équ. C par tonne.km
< 1,5 t essence	740,4
< 1,5 t diesel	680,8
1,5 à 2,5 t essence	483,4
1,5 à 2,5 t diesel	456,1
2,51 à 3,5 t essence	472,8
2,51 à 3,5 t diesel	340,7
3,5 t	331,7
3,51 à 5 t	285,4
5 à 6 t	194,2
6,1 à 10,9 t	145,1
11 à 19 t	74,9
19,1 à 21 t	71,4
plus de 21 t	64,1
tracteurs routiers	29,4

Tableau 2: Facteurs d'émissions moyens par véhicule.km par classe de PTAC

Classe de PTAC	Litres aux 100 km[114]	G équ. C par km	Incertitude sur consommation	Fabrication g équ. C/km	Incertitude sur fabrication	Soit g par véhicule.km	Incertitude totale
< 1,5 t essence	8,4	62,1	5%	9,0	40%	71,1	9%
< 1,5 t diesel	7,2	58,6	5%	6,8	40%	65,4	9%
1,5 à 2,5 t essence	9,5	70,2	5%	11,0	50%	81,2	11%
1,5 à 2,5 t diesel	8,4	68,4	5%	8,3	50%	76,6	10%
2,51 à 3,5 t essence	16,7	123,4	5%	12,8	70%	136,2	11%
2,51 à 3,5 t diesel	10,8	87,9	5%	10,2	70%	98,1	12%
3,5 t	12,4	100,9	5%	10,5	70%	111,4	11%
3,51 à 5 t	18,5	150,6	5%	11,9	70%	162,4	10%
5,1 à 6 t	14,5	118,0	5%	14,2	70%	132,2	12%
6,1 à 10,9 t	21,9	178,3	5%	16,2	70%	194,5	10%
11 à 19 t	29,6	240,9	5%	20,4	70%	261,3	10%
19,1 à 21 t	34,2	278,4	5%	21,1	70%	299,5	10%
21,1 à 32,6 tonnes	42,8	348,4	5%	23,6	70%	372,0	9%
tracteurs routiers	37,1	302,0	5%	30,0	70%	332,0	11%

L'imprécision liée à l'emploi de ces formules a été estimée à 20%.

- **Transport aérien**

En prenant les abaques fournis par la société Airbus donnant le rayon d'action en fonction du tonnage emporté, nous aboutissons au tableau suivant :

Tableau 3: Facteurs d'émissions «réels" par tonnes.km pour les transports de marchandises en avion

Catégorie	Avion	Carburant max (litres)	Autonomie (pour la charge emportée) en km	Fret (tonnes)	Kg équ. C par tonne.km[131]
Court-courrier	A318	23 860	2 778	16	1,044
	A318	23 860	5 186	10	0,895
	A319	29 660	4 593	18,5	0,680
	A319	29 660	6 852	11	0,765
	A320	29 660	2 675	20	1,078
	A320	29 660	4 116	15	0,934
Moyen-courrier	A300F	68 150	5 062	52	0,504
	A300F	68 150	6 297	43	0,490
	A310	75 470	6 482	33	0,689
Long-courrier	A330-200	139 090	8 149	104	0,319
	A330-200	139 090	11 112	68	0,358
	A340-600	194 880	10 371	147	0,248
	A340-600	194 880	13 890	80	0,341
	A380	310 000	10 408	150	0,386
	747-400	216 840	13 446	113	0,278

Le tableau ci-dessus s'applique bien entendu à des avions remplis au maximum, et suppose que le rayon d'action maximal pour la charge emportée est effectivement atteint. Si nous majorons les résultats de 20% pour tenir compte de distances généralement plus courtes que les rayons d'action maximaux, d'avions imparfaitement remplis, en particulier lorsque le fret voyage en soute d'avions prenant aussi des passagers, etc., nous aboutissons à de nouvelles valeurs qui serviront de référence.

Tableau 4: Facteur d'émission pour le transport de marchandises en avion pour les vols long-courriers

Valeur moyenne retenue pour les long-courriers :		0,320 Kg eqC/t.km
Avion	**Kg équ. C par tonne.km**	**Ecart à la moyenne**
A330-200	0,358	11%
A340-600	0,341	6%
A340-600	0,273	-17%
A380	0,386	17%
747-400	0,278	-15%

Pour les moyen-courriers, c'est-à-dire les vols compris entre 1000 et 4000km, cette valeur est de 0,57kg équivalent carbone par tonne.km.

Tableau 5 : Facteur d'émission pour le transport de marchandises en avion pour les vols moyen- courriers

Valeur moyenne retenue pour les moyens-courriers :		0,570 Kg eqC/t.km
Avion	**Kg équ. C par tonne.km**	**Ecart à la moyenne**
A300F- remplissage 1	0,504	-13%
A300F- remplissage 2	0,490	-16%
A310	0,689	17%

- **Transport ferroviaire**

Tableau 6 : Facteurs d'émissions par tonne.km pour le fret en train à l'étranger (UIC-INFRA)

	kg eq C / tonnes.km
Allemagne	0,0087
Autriche	0,0034
Belgique	0,0051
Danemark	0,0103
Espagne	0,0094
Finlande	0,0055
Grèce	0,0121
Irlande	0,0159
Italie	0,0079
Luxembourg	0,0069
Norvège	0,0022
Pays-Bas	0,0083
Portugal	0,0121
Royaume-Uni	0,0112
Suède	0,0012
Suisse	0,0010
Moyenne Europe (EU-17)	**0,0062**

- **Transport maritime**

Pour le transport maritime, les émissions proviennent de :

- la fabrication des bateaux, et leur entretien,
- l'énergie utilisée pour la propulsion, qui est toujours un combustible fossile (en général du fioul lourd).

Tableau 7: Facteurs d'émissions de porte-conteneurs

Capacité en "équivalent vingt pied"	Capacité en m^3	Vitesse commerciale (nœuds)	Consommation en mer en tonnes de fioul lourd par jour	Consommation tertiaire en tonnes de gasoil par jour	Emissions par jour de mer en tonnes équivalent carbone
500	18 300	16	20	1,5	21,5
1 000	36 600	17,5	30	1,5	31,5
1 500	54 900	20	50	2	52
2 500	91 500	20,5	70	2	72
3 500	128 100	22,5	110	2	112
5 000	183 000	22,5	150	3	153

Les porte-conteneurs sont des bateaux qui chargent des marchandises déjà regroupées dans des conteneurs, c'est-à-dire des caisses métalliques parallélépipédiques, de telle sorte que les manipulations de chargement et déchargement sont extrêmement simples. Ces bateaux servent, pour l'essentiel, à transporter des produits manufacturés (électronique grand public, électroménager, produits alimentaires transformés, etc.). Seuls les gros objets (voitures par exemple) ne sont pas transportés par ce type de bateau. L'imprécision liée à ces émissions par tonne.km est estimée aux alentours de 20%.

2. FACTEURS D'EMISSIONS LIES AUX FABRICATIONS DES PRODUITS

2.1. Facteurs d'émissions des typologies de produits PSO

	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
Infrastructures	Béton de propreté		Ciment CEM I 42,5	kg	1042,95	0,769
			Graviers 5/15	kg	9456,08	0,00432
			Sable de rivière	m3	2,7812	1,400
			Eau	L	1042,95	0,000168
	Semelle de filante		Ciment CEM I 42,5	kg	12167,75	0,769
			Graviers 5/20	kg	29550,25	0,00432
			Sable gros 0/5	m3	26,07375	1,400
			Eau	L	5214,75	0,000168
			Armature en acier	kg	1390,6	2,560
			Fil à lier	kg	294,8072	2,560
	Soubassement		Ciment CEM I 42,5	Kg	5006,16	0,769
			Moellon	U	7342,368	0,075
			Sable de rivière	m3	16,6872	1,400
			Eau	L	25,0308	0,000168
	Dallage		Ciment CEM I 42,5	Kg	28061,25	0,769
			Sable gros 0/5	m3	56,1225	1,400
			Graviers 15/25	Kg	68148,75	0,00432
			Eau	L	14030,625	0,000168
			Treillis	Kg	4810,5	2,560
			Laine minérale	m2	1603,5	3,010
	Autres		Coffrage	m3	3,33744	16,65

	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
Superstructures	Voiles		Béton cellulaire	m2	546,626	5,66E+01
			Mortier-colle	kg	743,7830657	0,768
			Gâchage	L	163,6322744	0,000168
	Poteau		Ciment CEM II 42,5	kg	434,2937684	0,769
			Sable gros 0/5	m3	0,499437834	1,400
			Graviers 15/25	kg	1439,683842	0,00432
			Eau	L	217,1468842	0,000168
			Armature en acier	kg	58,62965874	2,560
			Acier (balcon)	kg	313,632	2,560
	Linteau		Ciment CEM II 42,5	kg	2804,8	0,769
			Sable gros 0/5	m3	3,22552	1,400
			Graviers 15/25	kg	9297,912	0,00432
			Eau	L	1402,4	0,000168
			Treillis	kg	378,648	2,560
	Enduit extérieur	Gobetis	Chaux hydr.NHL 3,5	kg	553,894	0,635
			Sable 0/4	m3	1,384735	1,400
			Eau	L	236,789685	0,000168
		Corps	Chaux hydr.NHL 3,5	kg	488,73	0,635
			Sable 0/4	m3	1,6291	1,400
			Eau	L	278,5761	0,000168
		Finittion	Chaux hydr.NHL 3,5	kg	325,82	0,635
			Sable 0/2	m3	1,6291	1,400
			Eau	L	278,5761	0,000168
			Charges minérales	kg	27,36	2,7

	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
Toiture	Charpente		Panne faitière (10×20)	m3	1,2	16,65
			Panne interm. (10×20)	m3	14,016	16,65
			Panne sablière (10×20)	m3	2,4	16,65
			Chevrons (7×8)	m3	9,996	16,65
			Ecran sous toiture	m2	1051,2	7,48
			Contre latte (4 × 1)	m3	0,388552	16,65
			Latte (4 × 2,5)	m3	1,44	16,65
			Entrait (10×30)	m3	24	16,65
			Poinçon(10×20)	m3	1,6	16,65
			Contre-fiche (10×20)	m3	2,72	16,65
			Clous	kg	1419,12	2,560
	Couverture		Tuiles en argile	m2	1051,2	1,04E+00
			Clous zingés	kg	946,08	2,560
	Auvent		Bambou	m3	80,7	0
			Bordure en Alu (Recyclé)	kg	6279,12	0,67
	Evacuation EP		Gouttière	m	130	2,57
			Descente de gouttière	m	40	2,57
			Coude de gouttière	m	12	1,93
			Crochet de chevron	U	4	17,96

	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
VRD	Térrassemt.		Sable fin	m3	12,828	1,400
			Graviers 5/20	kg	43615,2	0,00432
	Réseaux eaux usées		Collecteur d'eau usée	U	1	599
			Regard de branch. PP	U	1	115,5
			Tube d'évacuation Ø 40	m	18	0,2
			Tube d'évacuation Ø 100	m	42,5	0,2
			Té femelle/femelle Ø 100	U	6	2,65
			Tampon de réduction m/f Ø	U	2	2,65
			Coude Ø40 PVC	U	2	2,65
			Coude Ø100 PVC	U	2	2,65
			Siphon raccordm. Ø 40	U	2	2,65
			Bras de siphon PVC	m	2,4	2,65
	Réseaux eaux potables		Compteur d'eau potable	U	1	68,4
			Tuyau polyéthylène Ø25	m	30,2	0,2
			Té polyéthylène Ø25	U	5	1,93
			Raccord coudé PET Ø25	U	5	1,93
			Raccord coudé laiton PE/cu	U	2	1,93
	Réseaux électriques		Compteur d'électricité	U	1	68,4
			Câble électrique	m	50	0,382
			Câble fibre optique	m	65	0,096

2.2. Facteurs d'émissions des typologies de produits PSO

	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
Menuiseries	Menuiserie bois		Porte intérieur (type1)	m2	3,64	3,87
			Jalousie (type 1)	m2	14,56	1,33
			Vitrage simple (type 2)	m2	3,822	17,53
	Menuiserie métalliques					
	Menuiserie PVC					

	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
Enduits intérieurs	Enduit hydrofuge	Gobetis d	Chaux hydraulique NHL 2	kg	156,2606	0,635
			Sable 0/4	m3	0,3906515	1,400
			Eau	L	66,8014065	0,000168
		Corps d	Chaux hydraulique NHL 2	kg	137,877	0,635
			Sable 0/4	m3	0,45959	1,400
			Eau	L	78,58989	0,000168
		Finition d	Chaux hydraulique NHL 2	kg	91,918	0,635
			Sable 0/4	m3	0,45959	1,400
			Eau	L	78,58989	0,000168
	Enduit maçonné					
	Enduits projetés					

	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
Peintures intérieures	Peinture à l'eau		Peinture acrylique pour bois (brillante,	L	3,8428	1,84
			Peinture acrylique pour mur (monocouche)	L	18,3836	0,959
	Peinture à l'huile					
	Autres					

Faux plafond

TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
Plafond bois		Lambris en bambou	m3	1,32	0
		Tasseaux en bois	m3	0,057	16,65
		Clous de fixation	kg	118,7	2,56
		Profilés de ceinture	m3	0,07	16,65
Plafond placoplâtre					
Plafond aggloméré					

Cloisons

TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
Cloison en béton cellulaire		Béton cellulaire	m2	24	5,66E+01
		Mortier-colle	kg	4,034016	4,06
		Gâchage	L	0,88748352	0,000168
Cloison brique					
Cloison béton					

Revêtements de sol	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
	Bois		Bambou	m3	1,92	0
			Mousse PU	m2	96	1,40E+01
	Carrelage					
	Béton					

Electricité	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
	Gaine		Gaine	m	23	32,3
	Fil électrique	Eclairage	Fil 1,5 neutre	m	15	0,64
			Fil 1,5 phase	m	15	0,64
			Fil 1,5 terre	m	15	0,64
		Prise	Fil 2,5 neutre	m	8	1,06
			Fil 2,5 phase	m	8	1,06
			Fil 2,5 terre	m	8	1,06
	Appareillage					
	Réseaux d'arrivée - plomberie					
	Réseaux d'évacuation					

2.3. Facteurs d'émissions des typologies de produits PSE

	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
MOBILIERS	Mobilier de bureau		Chaise de bureau	U	1	30,178
			Meuble de rangemen	U	1	96
			Etagère en bois	U	1	6,37
			Armoire de rangemen	U	1	30,075
	Mobilier de salon		Canapé	U	1	90
			Chaise de salon	U	1	30,178
			Moquettes touff.	U	1	7,25
	Mobilier de classe		Chaise en bois	U	1	0,6798
			Table bois	U	1	1,3596
			Tableau blanc	U	1	24,13
			Table d'ordinateur (fu	U	1	170
	Mobilier de chambre					

	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
MULTIMEDIA & BUREAUTIQUE	GROS EQUIPEMENT		Ordinateur	U	1	686,29
			Imprimante	U	1	110
			Photocopieuse	U	1	2935
			Ecran plat	U	1	1280
			Chaîne hi-fi	U	1	690,612597
			Projecteur	U	1	94
			Ampli	U	1	310
					1	
	PETIT EQUIPEMENT		Décodeur	U	1	261,030679
			Lecteur	U	1	193,908505
			Téléphone	U	1	0,50518
			Dispositif incendie	U	1	

EQUIPEMENT DU SECOND ŒUVRE	TP2	TP3	Produits	UF	Quantité	FE fabrication produit
	EQUIPEMENT ELECTRIQUE		Prise électrique	U	1	1,724
			Interrupteur	U	1	2,032
	EQUIPEMENT DE PLOMBERIE		Evier porcelaine	U	1	8,92E+01
			Pack WC porcelaine	U	1	86,7

Annexe 3 : Conception d’une base de données environnementales dans le contexte de construction à Madagascar

Université de la réunion
Département des Sciences du Bâtiment et de l'Environnement
Année Universitaire : 2016 - 2017

Projet de création d'Outil de gestion de base de données

(1ere version)

Réalisé par Herinirina Fitiavana ANDRIANANTENAINA
Sous l'encadrement de
Pierrot RANJARANIMARO et Pr Jean Claude GATINA

1. Contexte du projet

La description des caractéristiques techniques et des flux de matière d'un Espace bâti nécessite une base de données relative au contexte de l'étude. Pour l'étude de flux d'un espace bâti, les données disponibles sont très éparpillées dans plusieurs dossiers et classeurs Excel. Il n'est pas toujours si efficace de faire une recherche de produit en ouvrant un à un les fichiers puis en balayant les tableaux de chaque feuille Excel avec laquelle il peut y avoir une cinquantaine de lignes et environ soixante-six colonnes.

Notre projet a comme finalité de concevoir et réaliser un outil facilitant l'accès aux produits ou matériaux spécifiques. Deux possibilités de recherche sont envisageables :

- Recherche par navigation grâce à des liens hypertextes
- Et une recherche via une interface où l'utilisateur configure les critères de recherches (le TP0 et le TP1) et tape le nom du produit à rechercher dans une zone spécifique.

Notre projet a comme finalité de rendre plus facile et plus rapide la recherche de produits ou de matériaux pour chaque typologie. De plus, une recherche de nouveaux produits fait partie des finalités de ce projet afin d'étouffer les produits existants.

Pour cela, nous avons en premier lieu conçu un outil regroupant tous les TP0 dans un même classeur Excel. Parallèlement, nous avons mis en place des boutons de façons à ce que les utilisateurs puissent naviguer pour trouver les produits. Apparemment notre objectif ne sera jamais atteint avec une telle approche. Nous avons donc, en second lieu, réalisé une interface avec laquelle l'utilisateur pourra avoir rapidement les informations concernant le produit recherché.

2. Conception de l'outil

La première étape de notre travail consiste à analyser les tableaux des bases de données existant. En faisant cela, nous avons remarqué que la structure des bases pour le transport et l'énergie diffère des autres. Cette différence se situe surtout au niveau de l'entête des tableaux. Nous avons donc décidé de regrouper seulement les données contenues dans les typologies de même structure à savoir :

- Produits Gros Œuvre ;
- Produits Second Œuvre ;
- Produits d'équipements et
- Procédés.

Afin de faciliter la gestion des bases de données, nous avons regroupé les contenus de chaque fichier dans les dossiers cités ci-dessus à l'intérieur d'un même classeur Excel nommé : « OUTIL de Gestion de Base DE Donnees.xlsm ».

3. Langage utiliser pour la conception de l'outil

Comme tout développement de logiciel et dans l'optique répondre aux attentes prédéfinies, le langage VBA (Visual Basic for Application) est utilisé. Ce langage est utilisé pour faire l'interface de recherche et pour réaliser la navigation avec la plupart des boutons.

4. Architecture de l'outil de gestion de base de données :

Organisation de la base de donnée avant-projet

Au début de notre projet, les bases de données sont dispersées dans six dossiers de TP0. Dans chacun de ces dossiers se trouve les fichiers correspondants au TP1. Voici par exemple les fichiers dans le dossier PGO :

Le contenu de chaque fichier est généralement deux tableaux : le premier est la liste des produits et le second celle des matériaux.

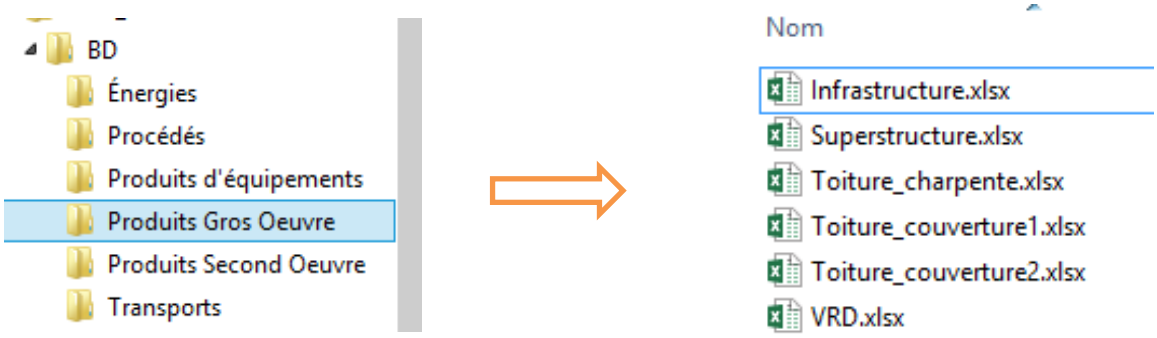


Figure 1 Illustration des dossiers et fichiers contenant les données avant la conception de l'outil

Réorganisation de la base de données

Cet outil de gestion de base de données fait en sorte que les dossiers TP0 (PGO, PSO, PE et Procédés) soient regroupés dans un classeur Excel sous forme de feuilles de calcul. À l'intérieur de chaque feuille sont regroupés les tableaux de produits et matériaux pour chaque TP1. De cette manière, l'accès aux produits commence déjà à être facile puisque qu'au lieu d'avoir plusieurs fichiers Excel dans plusieurs dossiers, nous n'avons plus qu'un seul fichier Excel.

Organisation de la recherche

Sur la page d'accueil se trouve les boutons de recherche comme la Figure 2 nous illustre :

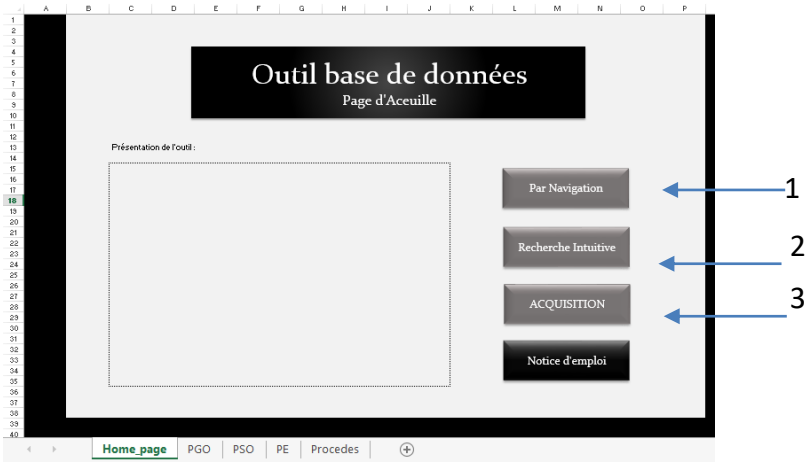


Figure 2 Page d'accueil de l'outil de gestion de base de données

Recherche par navigation (bouton N° 1)

Le bouton numéro 1 permet de faire une recherche par navigation. Il nous dirige vers une deuxième page d'accueil pour que nous puissions choisir la typologie voulue.

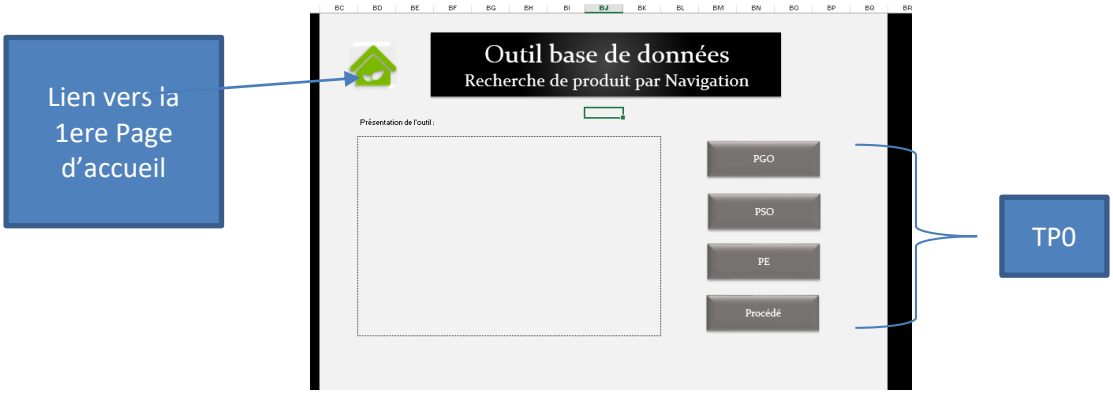


Figure 3 2eme page d'accueil pour la recherche par navigation

En cliquant sur l'un des boutons de TP0 de la
Figure 2, nous sommes dirigés vers les tableaux de liste de produits de notre choix. Nous avons pris comme exemple le bouton « PGO » qui nous mène vers la feuille contenant les tableaux de données du TP1 (pour notre exemple : Infrastructure, superstructure, toiture charpente, VRD).

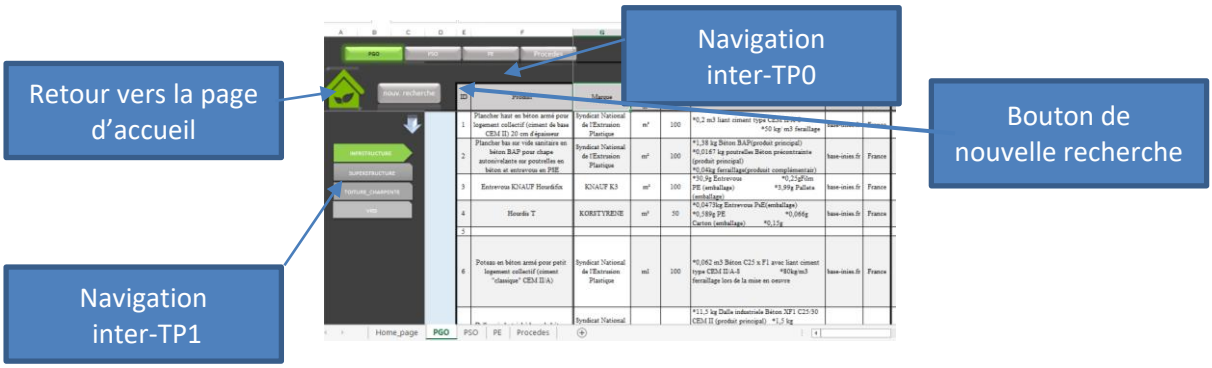


Figure 4 Structure général de la base de données

Recherche intuitive (bouton N°2)

Pour atteindre notre objective, nous avons développé en langage VBA une interface permettant de faire une recherche intuitive c'est-à-dire la liste des produits s'affiche dans une « liste box » à chaque fois que l'utilisateur tape un caractère.

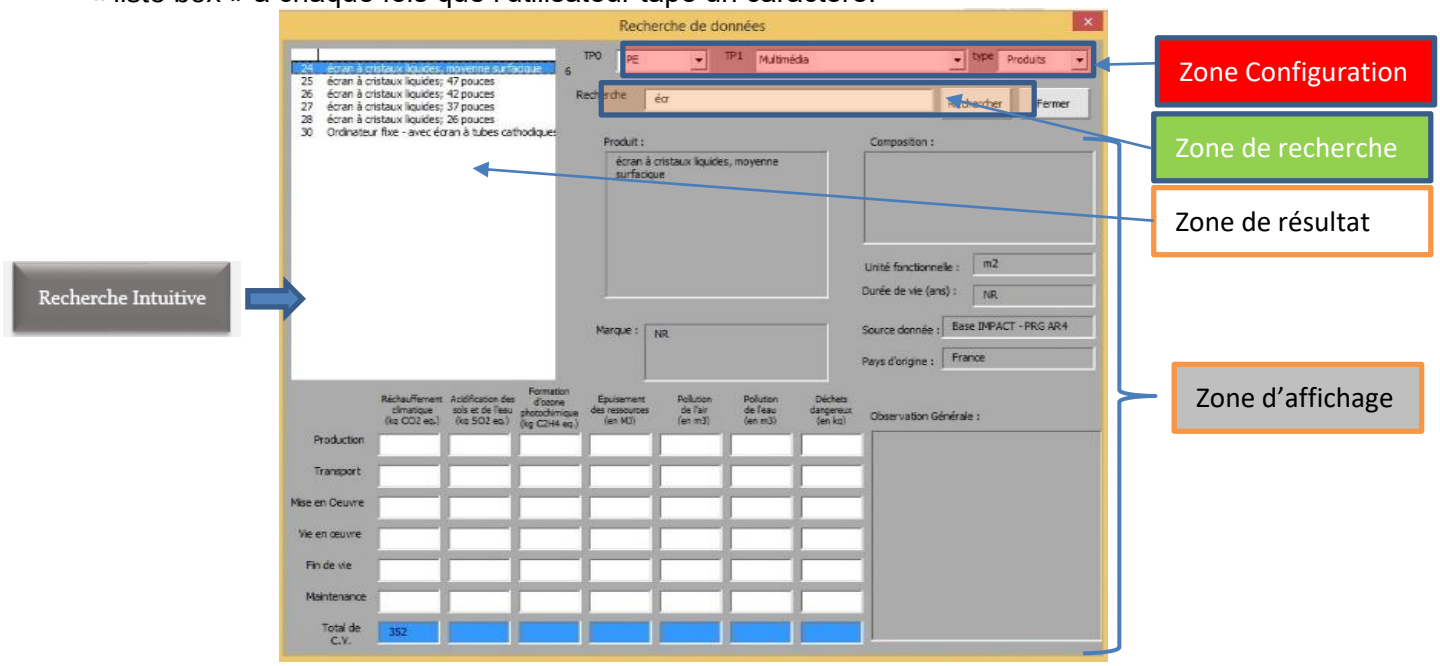


Figure 5 Interface de recherche intuitive

Mais avant d'entrer le nom du produit, une configuration initiale doit être faite. Un exemple de configuration de recherche est illustré par la Figure 6.

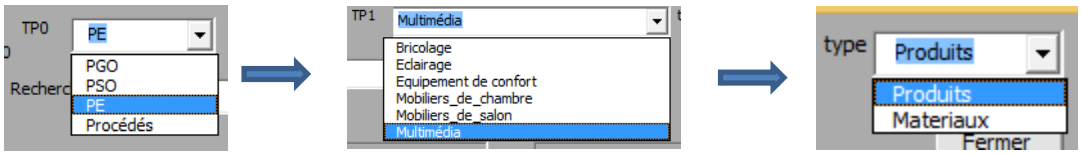


Figure 6 - Configuration initiale de la recherche

L'objectif de cette configuration est de faire une recherche sur la base de données du « **Produit d'Équipement** » - « **Multimédia** » - « **Produits** ».

Une fois la configuration terminée, nous pouvons procéder à la recherche proprement dite en saisissant dans la zone de recherche le nom du produit. Il est à noter que même si nous ne saisissons pas entièrement le nom du produit, nous pouvons déjà avoir une suggestion de résultat dans la « **zone de résultat** ». Par exemple, si nous voulons rechercher le produit « **écran à cristaux liquide moyenne surfacique** », il suffit de saisir « **écr** » et ce produit sera déjà afficher avec d'autre produit ayant les caractères « **é » - « c » et « r »**.

Dans le cas où le produit en question n'existe pas pour une configuration de recherche, nous pouvons la modifier et relacer la recherche en cliquant sur le bouton « Rechercher ».

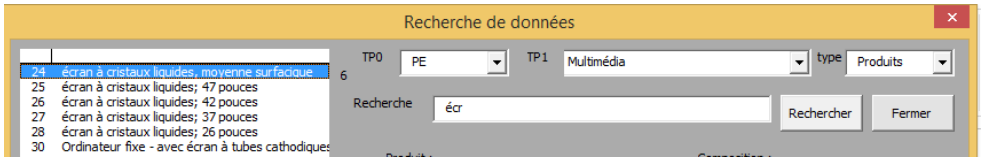


Figure 7 - Exemple de recherche de produit

Pour afficher le résultat de la recherche, il suffit de cliquer le produit à rechercher dans la « **zone de résultat** ». Nous aurons ainsi en un clic toutes les informations concernant le produit sue la « **zone d'affichage** ».

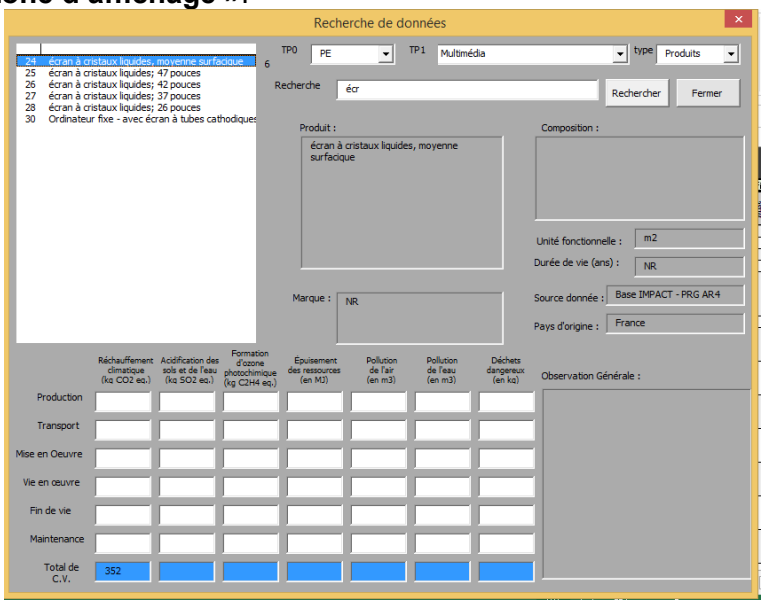


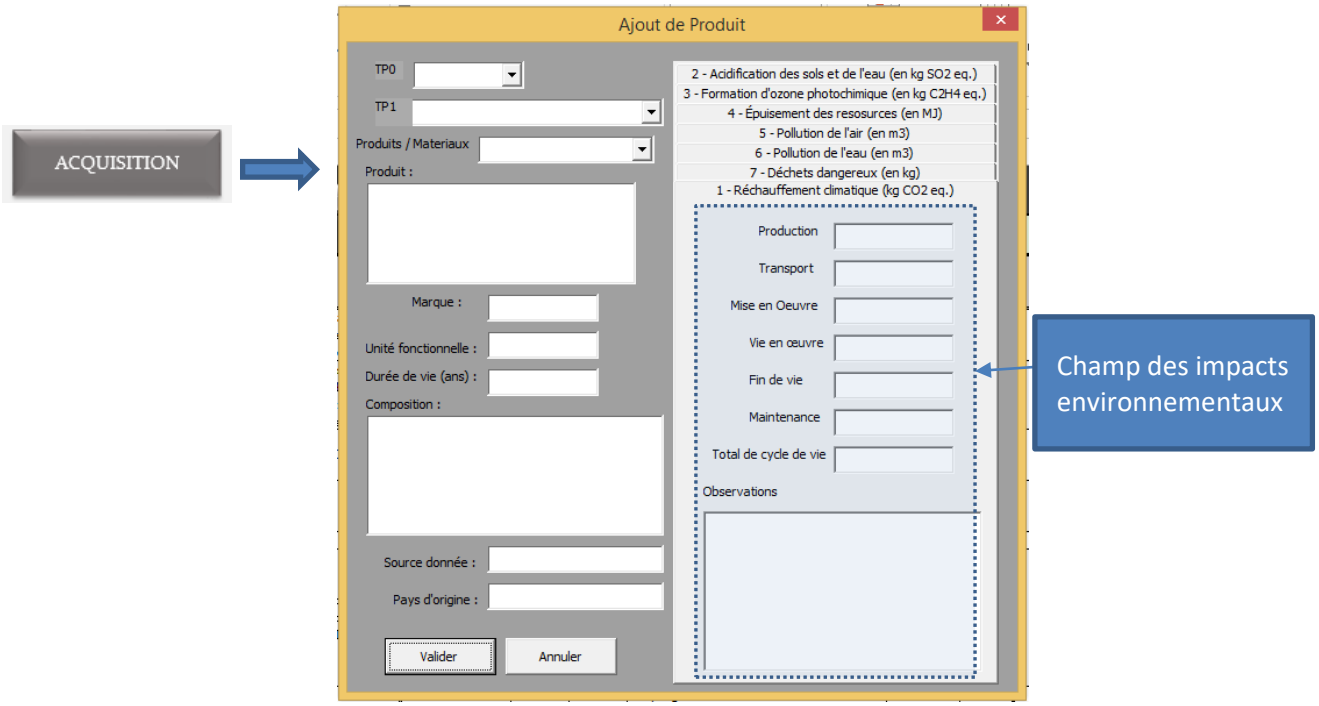
Figure 8 - Affichage des informations d'un produit en un clic

Si certaines informations demeurent vides, par exemple la « composition » sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, c'est que cette information est absente au niveau de la base de données.

Acquisition de données (Bouton N°3)

Nous avons ajouté un autre fonctionnement supplémentaire pour faciliter l'ajout de données dans un tableau spécifique. Cet ajout se fait de façon précis c'est-à-dire, après une configuration initiale idem à la recherche, le produit sera enregistré sur l'emplacement selon la configuration.

La figure suivante illustre l'interface d'ajout de produit :



Grâce à cet outil d'ajout de produit, des produits et matériaux ont été additionnés dans la base de données. Les sources où nous de données sont :

- Base ADEME
- Base INIES
- Base IMPACT - PRG AR4

Exemple de résultat de recherche intuitive

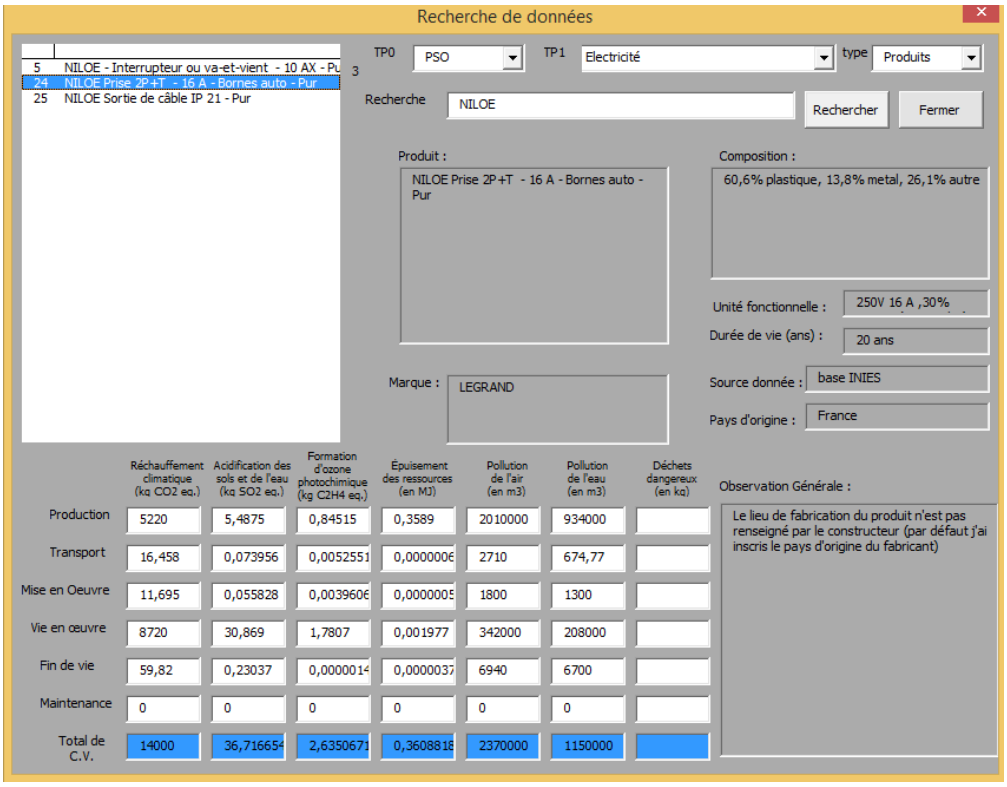


Figure 9 - Illustration du résultat de la recherche intuitive

Annexe 4 : Les 12 fichiers horaire du système de consommation d'énergie

Dans le chapitre 4, nous avons vu la modélisation du système de consommation horaire. Nous disposons comme résultat des fichiers de consommation horaires comme présentés ci-après. Nous disposons de l'évaluation de la consommation en [kWh] pour chaque pas horaire du mois, de la consommation journalière, de la consommation mensuelle. Nous disposons également de la consommation moyenne au pas horaire pour un mois considéré.

Au final nous avons vu que 12 fichiers de consommation horaire ont été utilisés comme base du système de pilotage de la distribution d'énergie dans le bâtiment Master.

Nous remarquons que ces fichiers de consommation horaire sont caractérisés par :

- Une estimation de la consommation quasi constante durant les jours de travail (lundi – samedi matin)
- Une baisse de la consommation au pause déjeuner de 12h – 14h
- Une variation de la consommation en fonction de la saison, hiver ou été, travail ou vacances.

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,63	2,03	2,37	1,51	1,09	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,52
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,63	2,03	2,37	1,51	1,09	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,52
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	104,18
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,63	2,03	2,37	1,51	1,09	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,52
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	104,18
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,63	2,03	2,37	1,51	1,09	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,52
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	104,18
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,63	2,03	2,37	1,51	1,09	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,52
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	104,18
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,63	2,03	2,37	1,51	1,09	0,12	0,11	2,74	2,75	2,91	0,65	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,52
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	20,27	23,73	15,09	10,93	1,16	1,09	27,37	27,47	29,07	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	187,53
Janvier	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	13,45	16,73	19,60	12,46	9,02	0,82	0,77	19,42	19,49	20,63	4,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	4 513,90

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,88
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,48	1,98	2,34	1,70	1,28	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,80
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,88
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,48	1,98	2,34	1,70	1,28	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,80
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,88
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,48	1,98	2,34	1,70	1,28	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,80
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,88
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,48	1,98	2,34	1,70	1,28	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,80
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fevrier	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	12,91	17,29	20,36	14,85	11,16	1,60	1,55	19,94	20,02	21,17	5,44	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	4 337,67

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,88
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,48	1,98	2,34	1,70	1,28	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,80
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,88
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,48	1,98	2,34	1,70	1,28	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,80
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,88
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,48	1,98	2,34	1,70	1,28	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,80
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,88
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	1,48	1,98	2,34	1,70	1,28	0,22	0,21	2,68	2,69	2,85	0,73	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	26,80
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	19,85	23,36	17,04	12,81	2,16	2,09	26,85	26,95	28,50	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	190,35
Mars	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	13,10	17,54	20,65	15,06	11,32	1,65	1,60	20,61	20,69	21,88	5,62	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	4 908,71

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	0,19	0,19	2,42	2,43	2,57	0,66	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	95,94
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	1,33	1,79	2,10	1,53	1,15	0,19	0,19	2,42	2,43	2,57	0,66	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	24,76
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	0,19	0,19	2,42	2,43	2,57	0,66	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	95,94
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	1,33	1,79	2,10	1,53	1,15	0,19	0,19	2,42	2,43	2,57	0,66	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	24,76
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	0,19	0,19	2,42	2,43	2,57	0,66	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	95,94
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	1,33	1,79	2,10	1,53	1,15	0,19	0,19	2,42	2,43	2,57	0,66	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	24,76
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	0,19	0,19	2,42	2,43	2,57	0,66	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	95,94
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	1,33	1,79	2,10	1,53	1,15	0,19	0,19	2,42	2,43	2,57	0,66	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	24,76
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	1,94	1,88	24,16	24,25	25,65	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	171,95
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,86	21,02	15,34	11,52	0,19	0,19	2,42	2,43	2,57	0,66	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	95,94
31																									
Avril	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	11,74	15,72	18,50	13,50	10,14	1,42	1,37	17,64	17,70	18,72	4,81	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	4 189,77

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	1,19	1,59	1,87	1,36	1,02	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	22,72
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,99
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	1,19	1,59	1,87	1,36	1,02	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	22,72
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,99
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	1,19	1,59	1,87	1,36	1,02	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	22,72
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,99
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	1,19	1,59	1,87	1,36	1,02	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	22,72
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,99
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	1,19	1,59	1,87	1,36	1,02	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	22,72
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
Mai	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,13	13,57	15,98	11,65	8,76	1,27	1,23	15,86	15,92	16,84	4,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	3 835,93

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,99
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	1,19	1,59	1,87	1,36	1,02	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	22,72
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,99
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	1,19	1,59	1,87	1,36	1,02	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	22,72
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,99
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	1,19	1,59	1,87	1,36	1,02	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	22,72
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,99
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	1,19	1,59	1,87	1,36	1,02	0,17	0,17	2,15	2,16	2,28	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	22,72
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	18,69	13,63	10,24	1,72	1,67	21,48	21,56	22,80	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,56
31																									
Juin	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,43	13,97	16,45	12,00	9,01	1,31	1,27	16,32	16,38	17,33	4,45	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	3 813,21

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,04
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	1,04	1,39	1,64	1,19	0,90	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	20,68
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,04
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	1,04	1,39	1,64	1,19	0,90	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	20,68
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,04
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	1,04	1,39	1,64	1,19	0,90	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	20,68
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,04
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	1,04	1,39	1,64	1,19	0,90	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	20,68
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,04
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	1,04	1,39	1,64	1,19	0,90	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	20,68
Juillet	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	8,87	11,87	13,98	10,20	7,66	1,07	1,04	13,34	13,39	14,16	3,64	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	3 322,19

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,04
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	1,04	1,39	1,64	1,19	0,90	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	20,68
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,04
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	1,04	1,39	1,64	1,19	0,90	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	20,68
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,04
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	1,04	1,39	1,64	1,19	0,90	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	20,68
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,04
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	1,04	1,39	1,64	1,19	0,90	0,15	0,15	1,88	1,89	2,00	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	20,68
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	13,89	16,35	11,93	8,96	1,51	1,46	18,79	18,86	19,95	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,17
Août	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	9,17	12,28	14,45	10,54	7,92	1,16	1,12	14,43	14,48	15,32	3,93	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	3 495,80

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	125,78
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	1,78	2,38	2,80	2,05	1,54	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,87
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	125,78
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	1,78	2,38	2,80	2,05	1,54	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,87
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	125,78
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	1,78	2,38	2,80	2,05	1,54	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,87
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	125,78
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	1,78	2,38	2,80	2,05	1,54	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,87
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
31																									
eptembr	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	15,65	20,96	24,67	18,00	13,52	1,97	1,90	24,48	24,57	25,99	6,67	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	5 623,52

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,72
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	2,22	1,66	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	32,91
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,72
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	2,22	1,66	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	32,91
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,72
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	2,22	1,66	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	32,91
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,72
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	2,22	1,66	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	32,91
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,72
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	2,22	1,66	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	32,91
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
Octobre	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	16,47	22,05	25,96	18,94	14,23	1,99	1,93	24,77	24,86	26,29	6,75	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	5 999,20

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,72
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	2,22	1,66	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	32,91
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,72
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	2,22	1,66	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	32,91
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,72
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	2,22	1,66	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	32,91
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,72
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	2,22	1,66	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	32,91
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	19,27	25,80	30,37	22,16	16,65	2,80	2,71	34,90	35,03	37,05	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	245,53
31																									
Novembre	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	16,95	22,70	26,72	19,50	14,65	2,13	2,06	26,52	26,62	28,16	7,23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	6 076,09

SC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	125,78
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	1,78	2,38	2,80	2,05	1,54	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,87
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	125,78
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	1,78	2,38	2,80	2,05	1,54	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,87
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	125,78
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	1,78	2,38	2,80	2,05	1,54	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,87
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	125,78
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	1,78	2,38	2,80	2,05	1,54	0,26	0,25	3,22	3,23	3,42	0,88	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,87
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,78	23,81	28,03	20,45	15,37	2,59	2,51	32,21	32,33	34,20	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	227,13
Décembre	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	15,72	21,05	24,78	18,08	13,58	1,99	1,92	24,73	24,82	26,26	6,74	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	5 850,65

Annexe 5 : Les 12 fichiers horaires du système de production d'EnR

Dans le chapitre 5, nous avons vu également la modélisation du système de production horaire. Nous disposons comme résultat des fichiers de production d'énergie photovoltaique au pas horaire comme présentés ci-après. Nous disposons de l'évaluation de la production d'EnR en [kWh] pour chaque pas horaire du mois, de la production d'énergie journalière, de la production d'énergie mensuelle. Nous disposons également de la production d'énergie moyenne journalière au pas horaire pour un mois considéré.

Au final nous avons vu que 12 fichiers de prodcution horaire ont été utilisés comme base du système de pilotage de la distribution d'énergie dans le bâtiment Master.

Nou remarquons sur ces fichiers de production horaire que la quantité d'énergie produite est fonction des données météo (jours plus ensoleillés ou non)

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	0,91	4,85	6,72	7,44	6,66	7,78	7,17	6,66	4,90	3,39	1,00	0,69	0,05	-	-	-	-	-	58,21
2	-	-	-	-	-	-	1,87	5,37	8,23	11,30	11,67	12,34	12,15	10,67	8,12	5,04	3,09	1,04	0,06	-	-	-	-	-	90,95
3	-	-	-	-	-	-	1,51	4,09	7,27	9,85	10,95	10,23	11,13	10,52	10,28	6,39	3,00	0,68	0,04	-	-	-	-	-	85,96
4	-	-	-	-	-	-	1,88	5,60	8,66	11,71	13,81	14,86	14,70	13,63	11,94	8,89	4,69	-	-	-	-	-	-	-	110,38
5	-	-	-	-	-	-	1,87	5,37	7,97	10,00	10,38	10,93	11,08	11,70	9,80	7,87	4,47	0,95	0,05	-	-	-	-	-	92,46
6	-	-	-	-	-	-	1,78	4,53	6,58	8,32	8,66	9,41	10,55	8,25	7,27	5,82	3,48	0,65	0,04	-	-	-	-	-	75,33
7	-	-	-	-	-	-	1,56	4,03	6,06	7,49	7,50	6,79	8,44	6,38	3,62	2,68	0,53	0,08	0,00	-	-	-	-	-	55,17
8	-	-	-	-	-	-	1,90	5,33	8,46	11,18	13,38	13,94	13,94	13,31	11,31	8,28	4,94	1,93	0,08	-	-	-	-	-	108,00
9	-	-	-	-	-	-	1,66	5,49	8,35	10,57	11,86	13,04	12,97	12,34	11,03	8,55	3,37	0,47	0,02	-	-	-	-	-	99,72
10	-	-	-	-	-	-	1,15	3,83	6,15	6,47	5,93	7,83	7,89	9,47	4,83	1,72	0,91	0,19	0,01	-	-	-	-	-	56,37
11	-	-	-	-	-	-	1,33	4,68	6,74	9,42	11,27	12,02	11,96	12,94	11,77	7,32	4,18	0,97	0,05	-	-	-	-	-	94,64
12	-	-	-	-	-	-	0,37	1,04	2,26	4,02	6,47	8,61	9,81	8,43	6,48	5,24	2,36	0,80	0,05	-	-	-	-	-	55,94
13	-	-	-	-	-	-	1,13	3,82	6,18	5,95	7,04	8,01	10,27	8,89	8,24	6,91	3,43	0,56	0,03	-	-	-	-	-	70,47
14	-	-	-	-	-	-	1,33	4,80	8,21	10,28	12,15	12,68	11,44	9,85	9,77	8,32	5,75	2,00	0,09	-	-	-	-	-	96,67
15	-	-	-	-	-	-	0,95	3,40	5,83	7,96	9,40	10,38	9,06	7,84	4,94	3,35	2,38	1,12	0,06	-	-	-	-	-	66,67
16	-	-	-	-	-	-	0,54	1,41	2,58	4,34	7,43	7,95	5,27	2,78	3,82	3,13	2,50	0,97	0,06	-	-	-	-	-	42,78
17	-	-	-	-	-	-	1,15	5,05	7,77	9,88	9,63	8,74	8,28	8,33	8,51	8,01	4,21	1,95	0,09	-	-	-	-	-	81,61
18	-	-	-	-	-	-	0,86	3,27	5,33	8,18	10,20	9,53	9,12	10,65	11,69	8,68	5,13	1,85	0,08	-	-	-	-	-	84,56
19	-	-	-	-	-	-	1,06	4,51	7,41	8,95	7,86	9,44	8,85	10,70	9,95	7,07	2,41	0,58	0,04	-	-	-	-	-	78,83
20	-	-	-	-	-	-	0,77	2,32	1,86	4,17	3,39	6,26	9,46	9,79	9,06	4,97	3,36	0,83	0,05	-	-	-	-	-	56,30
21	-	-	-	-	-	-	1,18	5,25	8,52	11,42	13,52	14,53	14,66	13,45	11,37	9,26	5,83	2,07	0,09	-	-	-	-	-	111,15
22	-	-	-	-	-	-	1,10	4,54	7,67	10,77	13,47	14,74	14,94	13,92	11,49	8,90	5,36	1,33	0,07	-	-	-	-	-	108,31
23	-	-	-	-	-	-	1,17	4,11	4,98	3,25	3,81	5,33	5,35	6,72	5,06	5,15	3,67	1,99	0,10	-	-	-	-	-	50,68
24	-	-	-	-	-	-	1,18	4,20	5,76	7,45	8,22	7,93	8,18	9,09	7,04	4,81	1,55	1,29	0,07	-	-	-	-	-	66,79
25	-	-	-	-	-	-	0,89	2,89	4,72	5,58	4,37	6,60	5,79	3,80	3,44	2,09	0,94	0,06	-	-	-	-	-	-	41,17
26	-	-	-	-	-	-	0,90	3,14	4,82	6,87	7,53	9,43	7,84	6,72	5,90	4,37	2,94	1,28	0,07	-	-	-	-	-	61,82
27	-	-	-	-	-	-	0,80	3,08	5,67	6,34	6,57	5,18	3,90	3,64	2,76	6,16	3,27	0,56	0,03	-	-	-	-	-	47,97
28	-	-	-	-	-	-	0,94	2,78	5,34	4,54	4,36	6,30	9,39	6,26	6,35	4,33	2,64	0,54	0,03	-	-	-	-	-	53,80
29	-	-	-	-	-	-	1,26	5,36	7,37	9,23	9,63	11,29	8,88	6,96	6,75	3,91	2,21	0,90	0,06	-	-	-	-	-	73,81
30	-	-	-	-	-	-	1,06	4,48	7,01	8,88	10,63	12,08	11,63	10,59	9,51	7,48	3,36	0,90	0,05	-	-	-	-	-	87,66
31	-	-	-	-	-	-	0,58	3,26	6,57	6,96	7,24	5,24	6,12	5,97	6,40	4,43	1,14	0,49	0,04	-	-	-	-	-	54,44
Janvier	-	-	-	-	-	-	1,18	4,06	6,36	8,03	8,87	9,66	9,68	9,04	7,85	5,89	3,17	0,96	0,05	-	-	-	-	-	**2 318,62**

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	1,06	4,93	8,06	10,55	12,48	13,68	13,92	13,15	11,31	9,02	5,62	1,73	0,08	-	-	-	-	-	105,58
2	-	-	-	-	-	-	1,01	4,52	7,44	9,84	11,51	12,88	12,44	10,90	10,04	7,44	2,80	0,72	0,05	-	-	-	-	-	91,58
3	-	-	-	-	-	-	1,05	4,16	6,89	10,05	11,98	12,16	12,35	11,71	10,88	8,62	5,04	0,96	0,05	-	-	-	-	-	95,89
4	-	-	-	-	-	-	1,03	4,58	7,99	10,59	12,48	13,65	13,81	12,78	10,53	8,12	4,41	0,99	0,06	-	-	-	-	-	101,03
5	-	-	-	-	-	-	1,01	4,59	8,12	10,78	12,93	14,22	14,57	13,68	11,99	9,28	5,09	0,88	0,05	-	-	-	-	-	107,19
6	-	-	-	-	-	-	0,98	4,68	7,36	9,80	10,65	11,58	12,11	10,56	8,53	6,12	3,90	1,71	0,07	-	-	-	-	-	88,05
7	-	-	-	-	-	-	0,47	2,02	4,13	6,39	6,88	5,99	7,07	5,29	2,98	2,57	1,94	0,46	0,03	-	-	-	-	-	46,23
8	-	-	-	-	-	-	0,86	2,98	6,06	6,20	6,64	8,29	5,81	2,13	1,83	2,24	2,09	0,82	0,05	-	-	-	-	-	45,99
9	-	-	-	-	-	-	0,84	3,16	6,45	7,27	5,49	3,64	4,00	5,21	4,97	2,68	0,36	0,11	0,01	-	-	-	-	-	44,18
10	-	-	-	-	-	-	0,59	1,91	2,33	4,23	6,55	8,90	8,72	9,06	4,68	3,89	3,45	0,92	0,05	-	-	-	-	-	55,28
11	-	-	-	-	-	-	0,62	2,67	4,11	4,99	6,18	3,74	1,82	1,77	1,73	2,07	1,43	0,54	0,04	-	-	-	-	-	31,73
12	-	-	-	-	-	-	0,99	3,36	5,34	7,52	10,50	12,88	12,96	11,83	8,91	5,66	3,23	1,08	0,06	-	-	-	-	-	84,32
13	-	-	-	-	-	-	0,92	4,22	6,60	9,12	10,67	11,51	12,69	11,51	9,30	7,51	5,20	1,85	0,08	-	-	-	-	-	91,18
14	-	-	-	-	-	-	0,49	4,39	7,68	10,66	12,23	13,71	13,79	12,65	11,09	8,83	5,55	1,87	0,08	-	-	-	-	-	103,02
15	-	-	-	-	-	-	0,51	4,11	7,77	10,28	12,12	13,33	13,06	12,53	10,80	7,75	4,18	1,03	0,05	-	-	-	-	-	97,52
16	-	-	-	-	-	-	0,23	1,18	1,68	4,92	8,49	9,30	11,04	10,27	11,67	7,81	3,76	1,47	0,06	-	-	-	-	-	71,88
17	-	-	-	-	-	-	0,21	1,29	1,38	2,15	2,20	4,04	2,83	2,88	2,35	2,53	1,91	0,32	0,02	-	-	-	-	-	24,10
18	-	-	-	-	-	-	0,47	4,34	7,58	9,88	10,92	11,33	11,48	11,14	9,30	6,89	4,07	1,41	0,06	-	-	-	-	-	88,86
19	-	-	-	-	-	-	0,49	3,49	5,57	7,33	10,76	12,40	12,10	11,71	9,37	6,07	4,26	1,66	0,07	-	-	-	-	-	85,27
20	-	-	-	-	-	-	0,49	4,11	7,01	9,68	11,74	12,32	12,96	12,02	9,37	7,21	4,58	1,37	0,06	-	-	-	-	-	92,91
21	-	-	-	-	-	-	0,51	3,68	5,42	8,74	10,35	9,89	7,92	8,51	9,05	6,06	2,90	1,48	0,07	-	-	-	-	-	74,58
22	-	-	-	-	-	-	0,44	4,12	7,60	10,44	12,60	13,95	14,06	12,71	11,67	8,78	5,01	1,71	0,07	-	-	-	-	-	103,14
23	-	-	-	-	-	-	0,49	3,89	6,53	9,29	9,52	10,55	11,79	12,25	10,32	8,28	5,08	1,13	0,05	-	-	-	-	-	89,17
24	-	-	-	-	-	-	0,47	4,37	7,65	10,28	12,05	13,00	13,12	12,27	11,48	8,87	5,05	1,43	0,06	-	-	-	-	-	100,10
25	-	-	-	-	-	-	0,45	4,13	7,34	10,26	12,05	12,56	13,23	12,68	10,85	7,37	4,11	1,08	0,05	-	-	-	-	-	96,16
26	-	-	-	-	-	-	0,42	3,13	5,03	8,30	9,87	10,54	8,26	8,62	6,77	5,77	3,50	1,48	0,06	-	-	-	-	-	71,75
27	-	-	-	-	-	-	0,21	1,93	4,94	7,31	7,27	6,84	4,93	1,51	0,21	0,66	1,95	1,09	0,05	-	-	-	-	-	38,90
28	-	-	-	-	-	-	0,48	3,80	6,57	9,80	12,31	13,25	12,75	12,06	11,26	7,12	2,84	0,55	0,03	-	-	-	-	-	92,82
29																									
30																									
31																									
Fevrier	-	-	-	-	-	-	0,64	3,56	6,09	8,45	9,98	10,72	10,56	9,76	8,33	6,26	3,69	1,14	0,05	-	-	-	-	-	**2 218,43**

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	0,16	1,38	2,22	3,07	6,07	8,37	7,20	7,31	6,76	4,84	3,18	0,99	0,05	-	-	-	-	-	51,60
2	-	-	-	-	-	-	0,26	1,78	3,05	6,23	8,66	7,61	6,33	7,44	7,20	5,19	3,46	1,31	0,05	-	-	-	-	-	58,55
3	-	-	-	-	-	-	0,46	3,28	5,90	7,91	9,02	9,26	11,24	11,53	9,11	6,04	3,73	1,42	0,05	-	-	-	-	-	78,96
4	-	-	-	-	-	-	0,43	3,70	7,29	9,96	11,40	11,17	11,22	10,31	8,77	6,89	3,46	0,59	0,03	-	-	-	-	-	85,22
5	-	-	-	-	-	-	0,43	4,12	7,10	9,83	11,41	12,12	13,08	12,36	10,10	7,17	4,22	1,39	0,05	-	-	-	-	-	93,38
6	-	-	-	-	-	-	0,43	2,97	5,46	9,34	11,46	11,95	11,91	10,69	9,80	7,20	3,64	0,63	0,04	-	-	-	-	-	85,51
7	-	-	-	-	-	-	0,37	4,07	7,42	10,61	12,42	13,15	13,32	12,33	10,39	7,93	4,07	0,78	0,04	-	-	-	-	-	96,91
8	-	-	-	-	-	-	0,43	3,76	5,85	8,36	10,89	11,55	12,57	11,17	7,81	5,59	3,13	0,58	0,03	-	-	-	-	-	81,72
9	-	-	-	-	-	-	0,16	0,72	1,35	2,80	4,81	4,85	4,75	3,84	4,22	3,25	1,64	0,68	0,04	-	-	-	-	-	33,10
10	-	-	-	-	-	-	0,36	2,37	3,29	3,73	4,78	4,67	4,31	2,72	2,33	1,92	2,25	0,37	0,02	-	-	-	-	-	33,12
11	-	-	-	-	-	-	0,21	1,41	2,34	4,33	6,27	5,53	4,75	4,58	4,67	3,03	1,29	0,75	0,04	-	-	-	-	-	39,19
12	-	-	-	-	-	-	0,49	3,61	5,95	8,83	11,10	12,45	12,28	11,58	10,04	7,21	3,03	0,56	0,03	-	-	-	-	-	87,17
13	-	-	-	-	-	-	0,41	2,91	6,10	8,32	8,74	9,57	8,17	6,91	7,54	6,48	3,11	0,71	0,04	-	-	-	-	-	69,00
14	-	-	-	-	-	-	0,38	2,66	6,01	9,43	11,36	11,70	12,61	12,01	8,00	5,47	2,26	0,96	0,04	-	-	-	-	-	82,89
15	-	-	-	-	-	-	0,35	3,99	7,47	9,99	11,98	13,27	13,17	12,24	10,58	7,62	3,71	0,54	0,03	-	-	-	-	-	94,95
16	-	-	-	-	-	-	0,42	3,67	5,86	7,61	8,17	8,20	10,45	10,73	9,82	7,65	4,28	0,71	0,03	-	-	-	-	-	77,60
17	-	-	-	-	-	-	0,42	3,02	4,98	8,30	9,27	9,31	8,52	8,11	9,68	5,38	2,33	0,33	0,02	-	-	-	-	-	69,66
18	-	-	-	-	-	-	0,32	4,01	7,33	10,48	13,15	14,44	14,36	13,33	11,07	7,33	3,09	0,45	0,02	-	-	-	-	-	99,38
19	-	-	-	-	-	-	0,32	4,02	7,58	10,37	12,81	13,71	13,71	12,62	10,68	7,05	3,86	0,97	0,02	-	-	-	-	-	97,71
20	-	-	-	-	-	-	0,33	4,02	7,23	9,41	9,51	8,84	9,10	10,29	8,29	4,31	1,94	0,66	0,03	-	-	-	-	-	73,95
21	-	-	-	-	-	-	0,41	3,23	6,17	8,23	8,74	9,57	8,73	8,74	7,08	6,14	4,12	1,00	0,03	-	-	-	-	-	72,18
22	-	-	-	-	-	-	0,36	4,21	7,47	9,54	9,52	9,91	9,83	9,13	8,11	5,15	2,04	0,27	0,01	-	-	-	-	-	75,57
23	-	-	-	-	-	-	0,43	3,92	6,90	6,23	5,19	7,20	8,27	10,69	6,15	2,90	1,65	0,34	0,02	-	-	-	-	-	59,92
24	-	-	-	-	-	-	0,36	3,59	7,28	8,90	10,14	10,08	8,54	7,63	6,05	5,20	2,39	0,33	0,02	-	-	-	-	-	70,52
25	-	-	-	-	-	-	0,35	2,56	4,92	7,04	8,71	8,83	2,74	4,09	5,57	3,05	0,80	0,35	0,02	-	-	-	-	-	49,04
26	-	-	-	-	-	-	0,34	2,34	3,47	3,14	3,25	4,88	5,47	7,17	6,29	3,15	1,30	0,61	0,02	-	-	-	-	-	41,43
27	-	-	-	-	-	-	0,42	3,18	6,27	10,07	12,05	13,35	13,94	12,68	10,28	7,67	3,50	0,75	0,02	-	-	-	-	-	94,16
28	-	-	-	-	-	-	0,38	4,19	7,34	10,33	12,44	13,79	13,83	12,66	10,34	6,88	3,96	0,67	0,02	-	-	-	-	-	96,85
29	-	-	-	-	-	-	0,40	3,91	7,31	9,87	12,01	13,34	13,03	13,09	11,01	7,06	2,52	0,75	0,02	-	-	-	-	-	94,33
30	-	-	-	-	-	-	0,39	3,84	6,54	8,13	10,00	12,14	11,36	9,30	8,58	6,94	3,90	0,79	0,02	-	-	-	-	-	81,93
31	-	-	-	-	-	-	0,46	3,42	6,50	9,08	9,63	9,50	10,18	10,89	6,05	4,16	1,85	0,24	0,01	-	-	-	-	-	71,96
Mars	-	-	-	-	-	-	0,37	3,22	5,80	8,05	9,51	10,14	9,97	9,62	8,14	5,67	2,89	0,69	0,03	-	-	-	-	-	**2 297,49**

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	0,47	3,68	6,63	9,66	11,93	13,34	12,81	11,96	10,23	7,78	3,59	0,72	0,02	-	-	-	-	-	92,82
2	-	-	-	-	-	-	0,43	3,95	7,42	9,99	12,20	13,32	13,45	13,13	10,81	7,51	3,02	0,63	0,02	-	-	-	-	-	95,88
3	-	-	-	-	-	-	0,24	1,29	1,27	2,62	3,08	3,40	3,00	3,71	3,66	4,19	2,36	0,23	0,01	-	-	-	-	-	29,07
4	-	-	-	-	-	-	0,33	2,52	4,25	6,96	7,58	4,61	4,38	4,49	1,47	2,13	0,84	0,06	-	-	-	-	-	-	39,63
5	-	-	-	-	-	-	0,43	3,64	5,55	6,92	8,17	10,32	11,56	8,74	5,61	4,49	2,16	0,28	0,01	-	-	-	-	-	67,88
6	-	-	-	-	-	-	0,42	2,65	4,57	7,83	9,11	11,34	11,29	8,27	7,02	6,14	3,78	0,33	0,01	-	-	-	-	-	72,76
7	-	-	-	-	-	-	0,45	3,60	6,65	6,30	6,74	7,49	7,79	9,10	6,65	3,92	1,49	0,20	0,01	-	-	-	-	-	60,38
8	-	-	-	-	-	-	0,43	2,91	4,52	5,76	5,42	6,93	7,51	9,40	5,02	3,56	1,96	0,33	0,02	-	-	-	-	-	53,76
9	-	-	-	-	-	-	0,46	3,32	5,61	8,29	11,04	12,53	12,69	10,72	8,45	6,67	2,75	0,40	0,02	-	-	-	-	-	82,96
10	-	-	-	-	-	-	0,37	3,50	6,11	6,08	7,16	7,77	8,56	7,27	6,42	6,30	3,14	0,30	0,01	-	-	-	-	-	62,99
11	-	-	-	-	-	-	0,10	1,13	3,51	6,46	6,17	3,51	2,03	1,83	1,53	0,58	0,25	0,10	0,01	-	-	-	-	-	27,20
12	-	-	-	-	-	-	0,45	2,90	4,88	7,07	6,95	7,42	8,13	10,18	9,48	4,63	1,25	0,23	0,01	-	-	-	-	-	63,58
13	-	-	-	-	-	-	0,46	3,75	4,77	7,73	9,82	9,35	9,13	9,43	7,62	4,26	2,79	0,35	0,02	-	-	-	-	-	69,47
14	-	-	-	-	-	-	0,06	0,56	1,50	1,51	1,27	1,30	1,12	1,45	1,01	0,98	0,34	0,04	0,00	-	-	-	-	-	11,14
15	-	-	-	-	-	-	0,26	1,43	2,04	2,25	2,61	3,44	3,88	1,70	0,43	1,07	0,61	0,08	0,00	-	-	-	-	-	19,81
16	-	-	-	-	-	-	0,41	2,97	4,06	6,26	5,81	7,64	5,65	5,21	3,47	2,92	1,20	0,15	0,01	-	-	-	-	-	45,75
17	-	-	-	-	-	-	0,41	3,76	7,15	10,19	12,47	13,75	14,15	12,93	10,62	7,31	3,36	0,29	0,01	-	-	-	-	-	96,40
18	-	-	-	-	-	-	0,41	2,80	4,98	4,00	6,05	4,64	4,12	2,72	1,61	1,93	1,46	0,16	0,01	-	-	-	-	-	34,89
19	-	-	-	-	-	-	0,41	3,72	7,40	4,94	4,04	2,89	3,03	3,02	2,71	2,10	0,75	0,05	-	-	-	-	-	-	35,05
20	-	-	-	-	-	-	0,44	2,93	5,69	8,27	9,65	10,89	12,24	12,88	9,28	5,54	2,98	0,14	-	-	-	-	-	-	80,94
21	-	-	-	-	-	-	0,41	4,16	6,48	7,42	8,85	11,30	11,97	10,66	9,61	7,30	3,20	0,13	-	-	-	-	-	-	81,50
22	-	-	-	-	-	-	0,24	1,61	2,08	1,21	2,10	3,47	3,74	2,38	0,33	0,38	0,46	0,04	-	-	-	-	-	-	18,04
23	-	-	-	-	-	-	0,36	2,23	3,72	5,66	5,57	6,22	5,26	2,69	1,40	0,85	0,58	0,04	-	-	-	-	-	-	34,58
24	-	-	-	-	-	-	0,38	2,59	2,71	4,51	5,59	4,57	4,77	3,39	3,74	2,32	0,69	0,04	-	-	-	-	-	-	35,31
25	-	-	-	-	-	-	0,40	4,08	6,60	8,12	10,31	9,65	9,64	8,08	5,21	3,22	2,28	0,12	-	-	-	-	-	-	67,72
26	-	-	-	-	-	-	0,46	4,36	5,49	7,19	7,40	8,31	10,11	10,61	7,76	5,47	1,78	0,10	-	-	-	-	-	-	69,04
27	-	-	-	-	-	-	0,40	3,96	6,84	7,88	8,94	10,16	11,34	9,90	9,27	7,04	3,20	0,14	-	-	-	-	-	-	79,06
28	-	-	-	-	-	-	0,40	4,04	7,54	10,74	12,63	13,88	13,55	12,02	8,93	4,77	1,06	0,06	-	-	-	-	-	-	89,62
29	-	-	-	-	-	-	0,14	0,76	0,71	0,90	2,60	3,72	3,51	2,76	1,76	1,48	0,45	0,03	-	-	-	-	-	-	18,82
30	-	-	-	-	-	-	0,27	1,35	1,46	1,85	6,49	6,92	7,11	4,77	5,91	5,42	1,11	0,07	-	-	-	-	-	-	42,72
31																									
Avril	-	-	-	-	-	-	0,36	2,87	4,74	6,15	7,26	7,80	7,92	7,18	5,57	4,08	1,83	0,20	0,01	-	-	-	-	-	**1 678,76**

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	0,40	3,91	6,61	8,93	10,66	12,02	12,64	12,25	10,33	6,72	2,94	0,12	-	-	-	-	-	-	87,54
2	-	-	-	-	-	-	0,40	3,57	5,89	9,88	11,43	11,80	11,98	9,86	7,55	5,90	2,03	0,10	-	-	-	-	-	-	80,40
3	-	-	-	-	-	-	0,38	2,80	4,66	4,00	4,16	4,81	5,76	4,55	5,20	2,86	1,89	0,10	-	-	-	-	-	-	41,19
4	-	-	-	-	-	-	0,38	2,52	4,22	6,47	7,44	8,83	8,73	8,87	8,58	6,71	2,88	0,12	-	-	-	-	-	-	65,74
5	-	-	-	-	-	-	0,41	3,30	6,43	8,81	9,17	10,25	11,40	10,44	7,96	4,30	2,15	0,11	-	-	-	-	-	-	74,73
6	-	-	-	-	-	-	0,40	4,03	7,28	9,35	11,62	12,68	12,71	11,51	9,20	6,10	2,58	0,12	-	-	-	-	-	-	87,58
7	-	-	-	-	-	-	0,40	3,99	7,10	9,48	11,80	13,11	13,50	12,51	10,15	7,18	3,06	0,12	-	-	-	-	-	-	92,41
8	-	-	-	-	-	-	0,44	3,72	5,05	5,91	7,33	9,61	10,96	8,96	5,87	4,22	1,49	0,08	-	-	-	-	-	-	63,66
9	-	-	-	-	-	-	0,40	2,79	4,62	7,56	9,51	11,02	11,55	11,76	9,54	6,27	2,56	0,11	-	-	-	-	-	-	77,70
10	-	-	-	-	-	-	0,38	3,92	6,61	7,94	8,62	10,33	10,97	10,27	9,02	6,28	2,67	0,12	-	-	-	-	-	-	77,12
11	-	-	-	-	-	-	0,39	3,70	6,72	9,42	10,24	11,28	11,88	11,38	8,97	5,66	1,39	0,08	-	-	-	-	-	-	81,11
12	-	-	-	-	-	-	0,40	4,03	7,25	9,85	11,78	12,58	12,92	11,82	10,03	6,14	1,50	0,08	-	-	-	-	-	-	88,39
13	-	-	-	-	-	-	0,40	4,01	7,32	10,01	11,45	11,71	12,10	11,36	9,94	6,79	2,52	0,11	-	-	-	-	-	-	87,70
14	-	-	-	-	-	-	0,38	3,90	6,77	9,88	12,26	13,51	13,60	12,09	9,06	5,41	2,72	0,11	-	-	-	-	-	-	89,68
15	-	-	-	-	-	-	0,39	4,18	7,07	9,38	10,70	12,01	11,80	10,74	9,47	7,04	2,99	0,12	-	-	-	-	-	-	85,88
16	-	-	-	-	-	-	0,37	3,19	5,53	7,37	8,70	9,51	10,70	10,81	8,59	4,56	2,56	0,12	-	-	-	-	-	-	72,00
17	-	-	-	-	-	-	0,39	3,77	6,86	9,31	10,82	11,33	11,67	10,69	8,28	4,70	1,42	0,08	-	-	-	-	-	-	79,33
18	-	-	-	-	-	-	0,37	3,25	6,02	7,91	9,43	10,20	9,87	8,61	7,21	4,42	1,61	0,09	-	-	-	-	-	-	68,97
19	-	-	-	-	-	-	0,22	1,92	4,67	8,08	10,77	12,54	12,19	10,47	9,26	5,71	2,74	0,12	-	-	-	-	-	-	78,71
20	-	-	-	-	-	-	0,35	4,18	7,53	10,19	11,94	12,41	12,36	10,87	8,78	6,32	2,61	0,11	-	-	-	-	-	-	87,65
21	-	-	-	-	-	-	0,38	3,78	6,18	8,52	10,77	11,51	11,47	10,43	8,54	5,31	2,49	0,11	-	-	-	-	-	-	79,50
22	-	-	-	-	-	-	0,36	4,13	7,51	10,39	12,31	13,10	12,93	11,67	9,25	5,86	2,01	0,10	-	-	-	-	-	-	89,61
23	-	-	-	-	-	-	0,36	3,28	6,32	9,15	11,14	11,57	10,73	10,41	8,89	5,21	2,23	0,10	-	-	-	-	-	-	79,38
24	-	-	-	-	-	-	0,36	3,80	7,03	9,24	9,75	9,44	9,26	7,11	4,83	3,26	2,25	0,11	-	-	-	-	-	-	66,41
25	-	-	-	-	-	-	0,28	1,90	2,60	3,68	4,22	7,56	9,38	7,46	5,86	3,31	1,32	0,08	-	-	-	-	-	-	47,65
26	-	-	-	-	-	-	0,30	2,44	3,56	5,15	5,07	4,55	2,44	3,00	3,18	0,51	0,21	0,02	-	-	-	-	-	-	30,42
27	-	-	-	-	-	-	0,25	2,00	4,63	6,66	9,38	7,74	8,15	6,96	7,68	4,13	2,10	0,10	-	-	-	-	-	-	59,78
28	-	-	-	-	-	-	0,34	3,52	6,16	8,82	10,46	11,56	11,29	10,43	9,28	4,71	1,62	0,09	-	-	-	-	-	-	78,29
29	-	-	-	-	-	-	0,34	4,00	7,29	9,40	10,27	11,34	10,86	10,85	9,32	5,93	2,00	0,09	-	-	-	-	-	-	81,68
30	-	-	-	-	-	-	0,29	2,52	5,33	7,39	8,70	10,24	11,57	11,79	9,90	6,61	2,33	0,10	-	-	-	-	-	-	76,77
31	-	-	-	-	-	-	-	3,16	5,60	5,32	6,27	6,08	6,74	5,41	2,54	1,19	0,42	0,03	-	-	-	-	-	-	42,76
Mai	-	-	-	-	-	-	0,35	3,39	6,01	8,18	9,62	10,52	10,78	9,85	8,14	5,14	2,11	0,10	-	-	-	-	-	-	2 299,76

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	3,96	7,28	10,14	12,15	13,21	13,14	11,93	9,74	6,61	2,66	0,11	-	-	-	-	-	-	90,94
2	-	-	-	-	-	-	-	3,63	6,81	9,53	12,07	13,16	12,90	12,15	9,80	6,19	2,47	0,11	-	-	-	-	-	-	88,80
3	-	-	-	-	-	-	-	3,85	5,71	8,66	10,41	11,19	11,50	9,75	7,60	4,20	1,25	0,07	-	-	-	-	-	-	74,20
4	-	-	-	-	-	-	-	3,04	5,98	9,51	11,51	12,15	12,34	11,41	8,78	5,11	2,45	0,11	-	-	-	-	-	-	82,38
5	-	-	-	-	-	-	-	3,28	6,63	8,39	10,51	11,68	12,44	10,97	8,45	5,34	1,26	0,07	-	-	-	-	-	-	79,02
6	-	-	-	-	-	-	-	2,48	6,01	7,87	7,91	10,09	8,83	7,89	6,30	4,60	2,51	0,12	-	-	-	-	-	-	64,60
7	-	-	-	-	-	-	-	3,75	6,77	8,32	10,30	11,58	10,73	9,35	8,67	6,22	2,31	0,10	-	-	-	-	-	-	78,10
8	-	-	-	-	-	-	-	3,48	6,56	8,90	11,06	12,62	12,15	10,40	8,46	5,30	2,23	0,10	-	-	-	-	-	-	81,28
9	-	-	-	-	-	-	-	3,78	6,44	8,52	9,43	11,53	11,80	11,20	8,46	5,21	2,50	0,12	-	-	-	-	-	-	78,99
10	-	-	-	-	-	-	-	3,77	6,71	8,58	10,09	11,56	11,99	9,50	6,73	3,50	2,12	0,11	-	-	-	-	-	-	74,65
11	-	-	-	-	-	-	-	3,67	5,48	7,32	9,01	10,55	10,02	9,29	8,54	5,75	1,20	0,07	-	-	-	-	-	-	70,88
12	-	-	-	-	-	-	-	3,67	6,30	8,04	9,81	10,54	9,89	9,38	7,63	5,89	1,81	0,09	-	-	-	-	-	-	73,07
13	-	-	-	-	-	-	-	3,47	6,38	8,55	10,30	11,56	11,86	11,10	8,39	4,79	1,60	0,09	-	-	-	-	-	-	78,07
14	-	-	-	-	-	-	-	2,33	4,21	5,09	6,23	7,48	7,18	4,91	5,09	4,21	1,36	0,08	-	-	-	-	-	-	48,18
15	-	-	-	-	-	-	-	3,33	6,02	9,07	11,28	12,13	12,21	11,17	9,16	6,17	2,35	0,11	-	-	-	-	-	-	83,02
16	-	-	-	-	-	-	-	3,45	6,67	8,86	10,35	11,22	11,19	9,49	8,36	6,56	2,82	0,12	-	-	-	-	-	-	79,10
17	-	-	-	-	-	-	-	1,21	2,27	4,74	5,77	6,57	8,28	6,51	6,78	2,16	0,48	0,03	-	-	-	-	-	-	44,79
18	-	-	-	-	-	-	-	2,78	6,07	8,40	7,57	7,22	8,05	8,27	5,44	3,75	1,16	0,07	-	-	-	-	-	-	58,76
19	-	-	-	-	-	-	-	2,81	6,11	9,05	11,54	11,30	11,33	10,53	7,45	4,69	1,68	0,09	-	-	-	-	-	-	76,58
20	-	-	-	-	-	-	-	3,19	6,50	9,02	10,66	12,60	12,93	11,76	9,23	5,95	2,03	0,10	-	-	-	-	-	-	83,96
21	-	-	-	-	-	-	-	3,31	6,30	7,90	10,03	10,91	10,89	10,49	8,18	4,37	1,47	0,08	-	-	-	-	-	-	73,94
22	-	-	-	-	-	-	-	1,87	4,34	8,47	8,25	7,47	7,02	5,92	5,21	1,58	0,88	0,06	-	-	-	-	-	-	51,06
23	-	-	-	-	-	-	-	3,22	5,42	6,32	5,54	6,57	8,45	7,97	5,37	5,22	1,28	0,07	-	-	-	-	-	-	55,43
24	-	-	-	-	-	-	-	3,39	6,25	8,84	10,85	11,41	11,14	10,23	8,73	5,57	2,20	0,10	-	-	-	-	-	-	78,70
25	-	-	-	-	-	-	-	2,21	4,09	7,73	9,96	11,26	10,39	9,32	7,76	4,84	0,94	0,06	-	-	-	-	-	-	68,56
26	-	-	-	-	-	-	-	3,15	5,32	7,93	10,48	11,58	12,01	10,80	9,16	6,37	2,33	0,11	-	-	-	-	-	-	79,23
27	-	-	-	-	-	-	-	3,17	6,55	9,48	11,77	12,66	12,72	11,84	9,27	5,39	2,72	0,13	-	-	-	-	-	-	85,69
28	-	-	-	-	-	-	-	3,52	6,75	9,63	11,72	12,57	12,68	11,49	8,84	4,94	1,41	0,08	-	-	-	-	-	-	83,64
29	-	-	-	-	-	-	-	3,52	6,54	7,81	9,58	8,85	8,78	8,11	7,40	4,36	2,55	0,12	-	-	-	-	-	-	67,61
30	-	-	-	-	-	-	-	2,77	4,67	8,15	10,78	10,82	10,54	8,25	7,73	5,83	1,75	0,09	-	-	-	-	-	-	71,38
31																									
Juin	-	-	-	-	-	-	-	3,17	5,90	8,29	9,90	10,80	10,85	9,71	7,89	5,02	1,86	0,09	-	-	-	-	-	-	2 204,60

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	3,53	6,80	8,84	10,83	12,25	11,94	11,11	8,25	4,69	1,06	0,06	-	-	-	-	-	-	79,39
2	-	-	-	-	-	-	-	3,08	6,70	9,80	12,00	13,19	13,26	11,95	9,72	7,13	3,17	0,13	-	-	-	-	-	-	90,14
3	-	-	-	-	-	-	-	2,84	6,09	8,57	9,91	11,25	10,77	9,49	8,90	6,11	3,10	0,13	-	-	-	-	-	-	77,17
4	-	-	-	-	-	-	-	2,28	3,57	7,07	9,47	9,25	8,34	6,77	7,12	4,80	0,96	0,06	-	-	-	-	-	-	59,67
5	-	-	-	-	-	-	-	2,26	5,51	8,81	11,35	12,94	13,38	12,43	10,10	6,16	2,01	0,10	-	-	-	-	-	-	85,03
6	-	-	-	-	-	-	-	3,28	6,71	9,46	11,16	12,13	12,22	11,65	9,80	6,93	2,72	0,13	-	-	-	-	-	-	86,19
7	-	-	-	-	-	-	-	2,89	6,23	9,43	11,71	12,84	13,12	12,32	10,35	6,79	2,58	0,12	-	-	-	-	-	-	88,39
8	-	-	-	-	-	-	-	2,07	6,20	9,07	11,76	13,14	13,43	12,46	10,26	6,44	2,04	0,10	-	-	-	-	-	-	86,98
9	-	-	-	-	-	-	-	2,73	4,46	6,15	7,84	9,80	8,53	8,67	5,99	4,15	1,14	0,07	-	-	-	-	-	-	59,52
10	-	-	-	-	-	-	-	1,93	2,21	4,76	7,36	6,19	6,44	6,12	6,91	3,13	2,47	0,13	-	-	-	-	-	-	47,65
11	-	-	-	-	-	-	-	3,11	6,18	8,64	10,72	12,08	12,56	12,20	10,43	7,10	2,77	0,13	-	-	-	-	-	-	85,91
12	-	-	-	-	-	-	-	2,84	6,27	8,85	10,86	11,27	11,79	10,68	9,11	6,81	2,95	0,13	-	-	-	-	-	-	81,57
13	-	-	-	-	-	-	-	2,66	5,65	8,11	10,39	11,38	11,80	11,27	9,05	3,73	1,17	0,08	-	-	-	-	-	-	75,30
14	-	-	-	-	-	-	-	2,93	6,22	9,05	10,78	12,24	11,59	10,40	8,08	4,11	2,44	0,13	-	-	-	-	-	-	77,96
15	-	-	-	-	-	-	-	3,06	6,52	8,37	9,93	11,17	10,73	10,01	9,04	5,93	2,69	0,13	-	-	-	-	-	-	77,58
16	-	-	-	-	-	-	-	2,67	5,32	7,18	8,74	8,35	8,97	9,36	8,36	5,62	2,34	0,11	-	-	-	-	-	-	67,02
17	-	-	-	-	-	-	-	3,63	5,88	5,67	7,01	9,06	9,12	7,07	5,53	4,16	3,04	0,16	-	-	-	-	-	-	60,33
18	-	-	-	-	-	-	-	3,41	6,59	9,49	11,52	12,57	12,50	12,06	10,59	7,72	3,56	0,15	-	-	-	-	-	-	90,18
19	-	-	-	-	-	-	-	2,96	5,14	6,29	7,66	10,32	10,67	10,78	7,62	5,96	3,37	0,15	-	-	-	-	-	-	70,92
20	-	-	-	-	-	-	-	3,16	5,87	9,06	10,36	11,20	11,93	11,40	9,69	7,24	2,93	0,14	-	-	-	-	-	-	82,98
21	-	-	-	-	-	-	-	3,25	6,25	9,50	12,10	13,18	13,59	12,46	10,46	7,59	3,50	0,15	-	-	-	-	-	-	92,05
22	-	-	-	-	-	-	-	2,82	6,46	10,02	12,27	13,55	13,77	12,75	10,47	7,54	3,35	0,15	-	-	-	-	-	-	93,14
23	-	-	-	-	-	-	-	2,98	5,75	9,17	11,79	13,23	13,19	11,10	8,89	6,78	2,24	0,11	-	-	-	-	-	-	85,23
24	-	-	-	-	-	-	-	3,28	6,35	9,17	10,73	11,90	12,05	10,86	9,54	6,68	2,14	0,11	-	-	-	-	-	-	82,82
25	-	-	-	-	-	-	-	3,36	6,40	9,01	10,84	11,63	10,98	10,19	7,91	5,54	1,66	0,09	-	-	-	-	-	-	77,61
26	-	-	-	-	-	-	-	2,00	3,53	5,03	6,26	5,18	6,08	4,21	3,55	3,23	1,93	0,11	-	-	-	-	-	-	41,12
27	-	-	-	-	-	-	-	1,20	3,67	4,30	3,79	4,33	6,25	5,32	4,95	4,45	1,52	0,09	-	-	-	-	-	-	39,86
28	-	-	-	-	-	-	-	2,22	3,30	4,63	8,20	7,37	6,86	6,18	5,78	2,95	1,36	0,09	-	-	-	-	-	-	48,95
29	-	-	-	-	-	-	-	1,61	1,75	2,90	2,98	3,86	7,00	11,38	7,65	4,10	0,81	0,05	-	-	-	-	-	-	44,09
30	-	-	-	-	-	-	-	1,86	4,41	7,24	9,31	8,92	7,63	8,22	7,03	5,48	2,88	0,13	-	-	-	-	-	-	63,11
31	-	-	-	-	-	-	-	2,91	6,08	8,96	11,86	13,49	13,89	13,16	11,03	7,83	3,72	0,31	0,01	-	-	-	-	-	93,26
Juillet	-	-	-	-	-	-	-	2,74	5,42	7,83	9,73	10,62	10,79	10,13	8,46	5,71	2,37	0,12	0,00	-	-	-	-	-	**2 291,13**

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	2,75	5,87	7,56	10,11	11,61	11,79	11,25	9,10	5,53	3,10	0,30	0,01	-	-	-	-	-	79,00
2	-	-	-	-	-	-	-	3,54	5,99	8,48	9,79	10,46	9,89	10,12	8,81	4,49	1,80	0,21	0,01	-	-	-	-	-	73,58
3	-	-	-	-	-	-	-	2,68	5,65	8,20	10,21	11,74	11,96	11,31	9,84	7,69	3,92	0,32	0,01	-	-	-	-	-	83,54
4	-	-	-	-	-	-	-	3,34	6,82	9,18	10,97	11,68	11,47	10,34	9,25	6,13	3,14	0,27	0,01	-	-	-	-	-	82,60
5	-	-	-	-	-	-	-	3,58	4,61	4,95	5,25	6,49	7,97	8,38	7,94	5,36	1,86	0,19	0,01	-	-	-	-	-	56,58
6	-	-	-	-	-	-	-	3,09	6,84	9,74	11,61	12,44	12,41	11,59	10,04	7,44	3,79	0,34	0,01	-	-	-	-	-	89,34
7	-	-	-	-	-	-	-	3,05	5,56	6,59	8,41	8,31	7,27	4,80	6,20	4,06	1,79	0,20	0,01	-	-	-	-	-	56,23
8	-	-	-	-	-	-	-	3,63	6,88	9,84	12,09	13,36	13,82	12,83	10,07	6,17	1,90	0,21	0,01	-	-	-	-	-	90,80
9	-	-	-	-	-	-	-	3,63	6,05	8,47	11,00	11,68	10,90	10,45	9,16	5,62	2,98	0,27	0,01	-	-	-	-	-	80,23
10	-	-	-	-	-	-	-	3,25	6,34	9,80	12,08	13,56	13,94	13,14	10,68	6,94	2,38	0,31	0,02	-	-	-	-	-	92,44
11	-	-	-	-	-	-	-	3,65	7,11	10,03	12,19	13,48	13,64	12,03	9,92	7,20	3,72	0,32	0,01	-	-	-	-	-	93,31
12	-	-	-	-	-	-	-	3,99	6,98	9,37	11,76	12,88	12,75	11,99	9,36	5,77	2,20	0,31	0,02	-	-	-	-	-	87,35
13	-	-	-	-	-	-	-	3,55	6,65	9,53	11,27	12,29	12,92	12,09	9,93	7,32	3,57	0,29	0,01	-	-	-	-	-	89,41
14	-	-	-	-	-	-	-	3,63	6,92	8,19	10,65	10,19	9,86	9,59	8,04	4,85	2,72	0,29	0,01	-	-	-	-	-	74,93
15	-	-	-	-	-	-	-	3,24	5,71	7,34	8,09	5,68	7,48	5,97	2,47	1,00	0,50	0,07	0,00	-	-	-	-	-	47,56
16	-	-	-	-	-	-	0,30	4,04	7,37	10,19	12,23	12,89	12,78	11,39	9,67	7,31	3,41	0,32	0,01	-	-	-	-	-	91,92
17	-	-	-	-	-	-	0,37	3,82	7,39	10,76	13,05	13,99	14,12	13,28	10,71	7,27	3,12	0,28	0,01	-	-	-	-	-	98,16
18	-	-	-	-	-	-	0,36	3,81	6,74	9,37	12,08	13,06	12,42	11,76	9,72	5,48	2,54	0,32	0,02	-	-	-	-	-	87,66
19	-	-	-	-	-	-	0,36	3,59	6,88	9,66	11,51	12,57	12,98	12,25	10,79	7,52	2,64	0,21	0,01	-	-	-	-	-	90,97
20	-	-	-	-	-	-	0,40	4,23	5,65	6,26	7,95	8,75	8,66	9,26	8,07	5,96	2,33	0,28	0,01	-	-	-	-	-	67,81
21	-	-	-	-	-	-	0,36	3,64	6,76	9,81	10,15	9,74	9,75	8,66	6,92	4,22	2,04	0,17	0,00	-	-	-	-	-	72,24
22	-	-	-	-	-	-	0,35	3,22	6,44	8,42	8,80	10,63	10,30	10,43	8,69	5,72	3,16	0,33	0,02	-	-	-	-	-	76,50
23	-	-	-	-	-	-	0,36	4,14	7,33	10,17	11,95	13,31	13,64	12,34	10,53	6,37	1,94	0,24	0,01	-	-	-	-	-	92,34
24	-	-	-	-	-	-	0,36	2,75	5,43	6,71	8,68	8,71	7,32	6,40	7,30	3,85	1,24	0,12	0,00	-	-	-	-	-	58,88
25	-	-	-	-	-	-	0,34	4,11	7,62	10,58	12,68	13,72	13,61	12,81	11,00	7,56	2,79	0,26	0,01	-	-	-	-	-	97,08
26	-	-	-	-	-	-	0,35	3,07	6,61	9,49	12,06	12,45	12,14	10,76	8,13	4,64	1,77	0,22	0,01	-	-	-	-	-	81,70
27	-	-	-	-	-	-	0,39	3,71	6,64	9,29	11,69	12,90	13,01	11,67	10,52	6,90	2,71	0,31	0,01	-	-	-	-	-	89,76
28	-	-	-	-	-	-	0,40	3,80	7,34	10,37	12,74	13,84	13,84	12,31	9,68	6,64	2,59	0,29	0,01	-	-	-	-	-	93,87
29	-	-	-	-	-	-	0,38	4,11	6,63	8,75	10,46	11,62	12,10	11,41	9,10	5,96	3,26	0,32	0,01	-	-	-	-	-	84,08
30	-	-	-	-	-	-	0,49	3,61	6,39	9,37	11,26	12,27	12,39	11,10	8,66	6,05	3,19	0,35	0,02	-	-	-	-	-	85,14
31	-	-	-	-	-	-	0,47	3,18	4,74	6,04	7,39	8,03	7,67	5,98	3,61	4,68	3,05	0,36	0,02	-	-	-	-	-	55,22
Août	-	-	-	-	-	-	0,19	3,53	6,45	8,79	10,65	11,43	11,45	10,57	8,84	5,86	2,62	0,27	0,01	-	-	-	-	-	2 500,22

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	0,35	4,44	8,08	11,23	13,47	14,61	14,70	13,40	11,29	7,75	3,06	0,34	0,02	-	-	-	-	-	102,74
2	-	-	-	-	-	-	0,38	4,24	7,57	10,79	13,10	14,33	14,30	13,25	11,15	7,40	3,13	0,35	0,02	-	-	-	-	-	100,01
3	-	-	-	-	-	-	0,36	4,47	7,86	10,64	12,91	13,93	14,02	12,81	10,14	7,59	3,64	0,28	0,01	-	-	-	-	-	98,66
4	-	-	-	-	-	-	0,36	4,52	8,16	11,26	13,30	14,46	14,46	13,19	10,89	7,51	3,00	0,34	0,02	-	-	-	-	-	101,47
5	-	-	-	-	-	-	0,45	4,33	8,04	11,29	13,45	14,57	14,58	13,57	11,27	7,18	2,34	0,20	0,01	-	-	-	-	-	101,28
6	-	-	-	-	-	-	0,38	4,48	8,03	10,95	13,27	14,49	14,64	13,59	11,37	7,96	3,75	0,27	0,01	-	-	-	-	-	103,20
7	-	-	-	-	-	-	0,38	4,59	8,24	11,35	13,46	14,56	14,75	13,42	10,87	7,74	3,25	0,30	0,01	-	-	-	-	-	102,92
8	-	-	-	-	-	-	0,47	4,27	7,87	10,73	13,12	14,35	14,18	12,97	10,80	7,77	3,29	0,32	0,01	-	-	-	-	-	100,16
9	-	-	-	-	-	-	0,42	4,55	8,27	11,40	13,58	14,71	14,47	13,12	11,00	7,63	3,02	0,26	0,01	-	-	-	-	-	102,43
10	-	-	-	-	-	-	0,85	4,46	8,29	11,39	13,46	14,61	14,59	13,44	10,77	7,33	3,69	0,34	0,02	-	-	-	-	-	103,22
11	-	-	-	-	-	-	0,80	4,50	7,94	10,98	13,27	14,36	14,30	13,14	11,20	8,03	3,68	0,24	0,01	-	-	-	-	-	102,45
12	-	-	-	-	-	-	0,78	4,72	8,28	11,14	13,43	14,59	14,62	13,40	10,77	6,67	2,49	0,32	0,02	-	-	-	-	-	101,21
13	-	-	-	-	-	-	0,85	4,27	7,91	11,32	13,39	14,57	14,61	13,02	10,35	6,78	1,99	0,29	0,02	-	-	-	-	-	99,37
14	-	-	-	-	-	-	0,91	4,58	8,19	11,09	13,18	14,28	14,25	13,19	11,09	7,96	3,65	0,33	0,02	-	-	-	-	-	102,71
15	-	-	-	-	-	-	0,90	4,47	8,06	10,98	13,05	14,07	14,08	13,19	10,75	6,94	2,50	0,25	0,01	-	-	-	-	-	99,26
16	-	-	-	-	-	-	0,96	4,42	7,94	11,16	13,67	14,73	14,54	13,23	10,95	7,86	3,47	0,22	0,01	-	-	-	-	-	103,15
17	-	-	-	-	-	-	0,88	4,88	8,16	11,08	13,40	14,66	14,42	13,30	11,11	6,91	2,04	0,31	0,02	-	-	-	-	-	101,16
18	-	-	-	-	-	-	0,96	4,57	8,18	11,24	13,17	14,55	14,23	12,66	10,26	7,07	3,13	0,29	0,01	-	-	-	-	-	100,33
19	-	-	-	-	-	-	0,89	4,72	7,97	11,00	13,34	14,42	14,31	13,31	11,09	7,11	2,72	0,29	0,01	-	-	-	-	-	101,20
20	-	-	-	-	-	-	0,99	4,77	8,18	11,21	13,35	14,33	14,43	13,29	10,72	7,47	3,28	0,32	0,02	-	-	-	-	-	102,35
21	-	-	-	-	-	-	0,88	4,97	8,51	11,38	13,17	14,44	14,39	13,34	11,12	7,80	3,51	0,20	0,01	-	-	-	-	-	103,71
22	-	-	-	-	-	-	1,04	4,26	7,64	10,73	12,95	14,31	14,44	13,30	11,02	7,81	3,51	0,24	0,01	-	-	-	-	-	101,26
23	-	-	-	-	-	-	0,96	4,91	8,52	11,56	13,78	14,67	14,53	13,25	11,07	7,58	3,26	0,26	0,01	-	-	-	-	-	104,37
24	-	-	-	-	-	-	0,91	5,06	8,66	11,71	13,77	14,82	14,74	13,32	10,95	7,62	3,34	0,31	0,02	-	-	-	-	-	105,23
25	-	-	-	-	-	-	0,97	4,92	8,53	11,57	13,59	14,78	14,37	12,71	10,45	7,07	3,12	0,26	0,01	-	-	-	-	-	102,35
26	-	-	-	-	-	-	1,07	5,14	8,64	11,71	13,84	14,65	14,38	12,82	10,69	7,36	3,42	0,18	0,00	-	-	-	-	-	103,90
27	-	-	-	-	-	-	1,04	4,85	8,10	10,89	13,15	14,38	14,47	13,41	11,12	7,71	3,44	0,32	0,02	-	-	-	-	-	102,89
28	-	-	-	-	-	-	1,13	5,02	8,65	11,74	13,59	14,57	14,45	13,06	10,91	7,30	3,40	0,27	0,01	-	-	-	-	-	104,11
29	-	-	-	-	-	-	1,05	5,12	8,77	11,79	13,85	14,70	14,43	13,13	10,69	6,88	3,37	0,32	0,02	-	-	-	-	-	104,13
30	-	-	-	-	-	-	1,13	5,07	8,61	11,67	13,66	14,70	14,44	12,64	10,11	7,16	3,36	0,25	0,01	-	-	-	-	-	102,81
31																									
eptembr	-	-	-	-	-	-	0,78	4,65	8,20	11,23	13,39	14,51	14,44	13,18	10,87	7,43	3,16	0,28	0,01	-	-	-	-	-	**3 064,07**

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	1,27	4,45	7,07	8,12	10,67	11,90	11,69	9,82	7,36	4,64	1,50	0,26	0,01	-	-	-	-	-	78,75
2	-	-	-	-	-	-	1,06	2,36	3,66	6,17	8,05	9,39	10,37	10,44	8,56	4,89	1,88	0,20	0,01	-	-	-	-	-	67,05
3	-	-	-	-	-	-	1,86	5,10	7,39	9,52	10,71	11,50	11,01	10,07	8,95	5,93	1,78	0,21	0,01	-	-	-	-	-	84,03
4	-	-	-	-	-	-	1,64	4,99	8,32	11,02	13,19	14,05	13,85	12,08	9,14	5,48	1,68	0,23	0,01	-	-	-	-	-	95,68
5	-	-	-	-	-	-	1,68	5,10	8,35	10,99	13,07	14,09	14,13	12,99	10,28	6,64	3,34	0,30	0,01	-	-	-	-	-	100,97
6	-	-	-	-	-	-	1,75	5,36	8,56	11,25	13,25	14,09	13,93	12,68	10,54	7,01	3,24	0,30	0,01	-	-	-	-	-	101,99
7	-	-	-	-	-	-	1,82	5,53	8,87	11,85	13,78	14,62	14,40	13,28	10,87	7,31	3,39	0,31	0,01	-	-	-	-	-	106,05
8	-	-	-	-	-	-	1,73	5,21	8,04	10,35	11,48	11,92	12,18	11,20	8,68	4,24	2,37	0,28	0,01	-	-	-	-	-	87,70
9	-	-	-	-	-	-	0,91	1,02	3,19	5,12	5,44	6,57	6,30	7,50	8,13	6,43	3,32	0,32	0,01	-	-	-	-	-	54,26
10	-	-	-	-	-	-	2,08	5,05	6,64	7,47	8,82	10,35	9,73	8,73	6,69	3,37	1,73	0,28	0,01	-	-	-	-	-	70,95
11	-	-	-	-	-	-	1,93	5,73	8,64	11,21	12,71	13,19	13,19	11,35	9,36	6,49	3,30	0,34	0,02	-	-	-	-	-	97,47
12	-	-	-	-	-	-	1,88	5,38	8,27	10,72	12,72	13,14	12,59	11,82	9,63	6,60	2,48	0,29	0,01	-	-	-	-	-	95,54
13	-	-	-	-	-	-	1,96	5,42	8,65	11,15	12,99	13,96	13,61	11,75	9,28	6,88	3,43	0,29	0,01	-	-	-	-	-	99,38
14	-	-	-	-	-	-	1,83	5,26	8,28	10,85	12,63	13,50	13,24	12,02	10,46	7,00	3,44	0,28	0,01	-	-	-	-	-	98,79
15	-	-	-	-	-	-	1,88	5,59	8,80	10,94	12,69	13,25	13,00	12,12	9,90	6,61	2,97	0,30	0,01	-	-	-	-	-	98,07
16	-	-	-	-	-	-	1,95	5,28	8,19	11,08	12,84	13,54	13,42	12,03	9,21	6,88	3,47	0,35	0,02	-	-	-	-	-	98,24
17	-	-	-	-	-	-	2,11	5,78	8,86	11,09	12,77	13,55	13,13	11,70	9,42	6,88	3,47	0,31	0,01	-	-	-	-	-	99,09
18	-	-	-	-	-	-	1,99	4,75	6,53	9,31	11,02	10,79	10,16	9,93	8,98	6,59	2,77	0,29	0,01	-	-	-	-	-	83,14
19	-	-	-	-	-	-	2,11	5,32	7,79	10,15	11,59	12,34	12,09	11,20	9,43	6,13	2,39	0,28	0,01	-	-	-	-	-	90,83
20	-	-	-	-	-	-	2,14	5,45	8,75	11,27	13,15	13,92	14,02	12,63	9,73	5,64	2,03	0,22	0,01	-	-	-	-	-	98,97
21	-	-	-	-	-	-	2,20	6,20	9,45	10,57	11,92	12,70	13,05	12,61	10,58	7,33	3,59	0,31	0,01	-	-	-	-	-	100,52
22	-	-	-	-	-	-	2,27	6,22	9,41	11,93	13,62	14,26	13,80	12,22	10,24	7,01	3,52	0,29	0,01	-	-	-	-	-	104,80
23	-	-	-	-	-	-	2,25	5,89	8,78	11,22	13,08	13,92	13,34	11,63	9,03	5,62	2,60	0,29	0,01	-	-	-	-	-	97,65
24	-	-	-	-	-	-	2,33	5,58	7,14	9,95	10,28	10,98	10,79	8,54	7,08	3,40	1,20	0,18	0,01	-	-	-	-	-	77,45
25	-	-	-	-	-	-	1,81	4,82	7,69	10,03	11,55	12,35	12,05	10,68	8,55	5,22	1,73	0,16	0,00	-	-	-	-	-	86,63
26	-	-	-	-	-	-	2,31	6,16	9,30	11,43	12,87	13,83	13,05	11,41	8,33	5,35	2,30	0,37	0,02	-	-	-	-	-	96,75
27	-	-	-	-	-	-	1,46	4,54	7,10	10,65	12,53	12,48	11,13	10,64	9,17	6,97	3,28	0,34	0,02	-	-	-	-	-	90,30
28	-	-	-	-	-	-	2,25	5,84	8,90	11,54	13,09	13,72	13,18	11,95	9,60	6,26	2,90	0,28	0,01	-	-	-	-	-	99,50
29	-	-	-	-	-	-	2,96	5,99	9,31	11,44	13,21	14,08	13,72	12,35	9,85	6,55	2,22	0,23	0,01	-	-	-	-	-	101,93
30	-	-	-	-	-	-	2,94	6,24	9,04	10,92	12,15	12,57	11,95	10,91	9,99	7,08	2,88	0,34	0,02	-	-	-	-	-	97,03
31	-	-	-	-	-	-	0,80	2,22	5,67	6,72	7,48	7,34	6,04	6,06	5,36	4,26	2,76	0,40	0,02	-	-	-	-	-	55,13
Octobre	-	-	-	-	-	-	1,91	5,09	7,89	10,19	11,79	12,51	12,20	11,11	9,11	6,02	2,68	0,29	0,01	-	-	-	-	-	**2 814,64**

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	2,54	4,49	6,25	8,92	11,22	11,75	11,45	8,81	6,91	4,29	1,34	0,32	0,02	-	-	-	-	-	78,30
2	-	-	-	-	-	-	1,68	4,35	6,50	7,97	9,30	8,96	11,06	9,10	8,42	4,71	1,66	0,20	0,01	-	-	-	-	-	73,93
3	-	-	-	-	-	-	2,86	5,03	8,02	10,27	11,99	12,74	12,38	11,34	8,98	5,40	2,01	0,33	0,02	-	-	-	-	-	91,37
4	-	-	-	-	-	-	3,17	6,55	9,49	11,28	12,15	12,95	12,84	11,75	8,91	6,10	3,38	0,35	0,02	-	-	-	-	-	98,95
5	-	-	-	-	-	-	2,94	6,40	9,31	11,66	12,91	13,48	13,35	12,15	9,65	6,06	3,42	0,50	0,02	-	-	-	-	-	101,86
6	-	-	-	-	-	-	2,26	5,19	7,79	10,31	11,81	12,60	12,91	12,14	10,66	7,55	3,72	0,64	0,02	-	-	-	-	-	97,60
7	-	-	-	-	-	-	1,91	6,19	7,75	9,21	9,17	8,97	10,16	7,44	5,48	3,76	1,95	0,20	0,01	-	-	-	-	-	72,19
8	-	-	-	-	-	-	3,25	6,57	9,81	12,39	14,12	14,77	14,52	13,22	10,68	7,89	3,78	0,33	0,01	-	-	-	-	-	111,33
9	-	-	-	-	-	-	3,08	6,49	9,38	11,73	13,65	14,31	14,06	12,92	10,51	7,88	3,83	0,37	0,02	-	-	-	-	-	108,23
10	-	-	-	-	-	-	2,94	4,23	4,89	8,22	9,62	9,40	8,16	5,23	4,90	4,69	2,39	0,61	0,02	-	-	-	-	-	65,29
11	-	-	-	-	-	-	3,00	4,85	6,96	9,76	9,55	10,20	9,47	9,24	6,37	4,05	1,36	0,28	0,02	-	-	-	-	-	75,11
12	-	-	-	-	-	-	3,02	6,63	9,55	9,75	10,53	11,89	11,68	9,80	7,34	5,42	3,52	0,46	0,02	-	-	-	-	-	89,62
13	-	-	-	-	-	-	2,83	6,09	8,82	9,78	11,20	11,77	10,99	10,82	8,86	7,64	3,45	0,79	0,03	-	-	-	-	-	93,05
14	-	-	-	-	-	-	3,10	6,58	8,98	11,10	12,79	13,05	12,50	12,15	9,18	7,17	3,13	0,69	0,02	-	-	-	-	-	100,44
15	-	-	-	-	-	-	3,28	6,65	9,51	11,92	13,47	14,22	14,08	12,43	10,33	7,93	4,12	0,84	0,03	-	-	-	-	-	108,81
16	-	-	-	-	-	-	3,43	6,57	9,88	11,73	12,78	12,50	12,03	11,05	9,08	4,87	1,93	0,65	0,03	-	-	-	-	-	96,53
17	-	-	-	-	-	-	2,71	5,36	7,92	10,30	11,77	11,72	10,66	9,21	8,76	6,47	2,50	0,30	0,01	-	-	-	-	-	87,70
18	-	-	-	-	-	-	2,49	5,38	8,42	10,63	12,63	12,98	12,40	11,05	9,51	7,37	4,20	0,90	0,03	-	-	-	-	-	97,99
19	-	-	-	-	-	-	2,48	5,33	8,42	11,37	12,74	13,71	13,68	12,52	10,07	7,55	3,11	0,62	0,02	-	-	-	-	-	101,62
20	-	-	-	-	-	-	2,88	5,56	8,27	10,64	12,62	13,38	13,19	11,72	9,84	7,09	3,22	0,63	0,02	-	-	-	-	-	99,08
21	-	-	-	-	-	-	3,04	6,18	9,08	10,56	12,33	12,45	12,03	10,45	8,62	5,39	3,47	0,38	0,02	-	-	-	-	-	94,00
22	-	-	-	-	-	-	3,34	6,68	9,86	12,40	13,87	14,97	14,71	13,22	11,25	7,77	3,62	0,52	0,02	-	-	-	-	-	112,23
23	-	-	-	-	-	-	3,10	6,22	9,33	11,82	13,54	14,26	13,89	12,86	11,27	7,65	2,89	0,34	0,01	-	-	-	-	-	107,18
24	-	-	-	-	-	-	2,87	6,18	9,70	11,58	12,02	11,83	11,10	10,13	8,47	5,92	3,34	0,56	0,03	-	-	-	-	-	93,72
25	-	-	-	-	-	-	2,42	5,52	8,30	11,06	12,67	13,26	12,22	10,77	9,69	8,02	4,11	1,04	0,04	-	-	-	-	-	99,12
26	-	-	-	-	-	-	0,77	1,63	2,21	1,68	3,50	5,59	5,43	4,36	4,42	2,08	1,30	0,17	0,01	-	-	-	-	-	33,15
27	-	-	-	-	-	-	2,23	5,43	8,44	10,47	11,29	12,53	12,19	11,28	10,03	8,40	4,53	1,07	0,04	-	-	-	-	-	97,92
28	-	-	-	-	-	-	2,67	4,35	6,88	9,86	8,59	7,69	8,14	5,05	4,15	2,27	1,72	0,32	0,02	-	-	-	-	-	61,68
29	-	-	-	-	-	-	2,53	4,61	5,87	7,52	6,54	6,86	8,22	6,24	6,12	4,21	1,78	0,28	0,01	-	-	-	-	-	60,80
30	-	-	-	-	-	-	2,72	5,37	7,55	9,96	12,09	12,73	12,42	11,29	9,99	6,94	2,10	0,84	0,04	-	-	-	-	-	94,04
31																									
Novembr	-	-	-	-	-	-	2,72	5,56	8,10	10,19	11,42	11,92	11,73	10,32	8,62	6,09	2,90	0,52	0,02	-	-	-	-	-	**2 702,85**

SP	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	2,96	6,34	9,35	11,40	12,99	13,62	13,08	10,77	7,75	4,86	2,67	0,33	0,01	-	-	-	-	-	96,13
2	-	-	-	-	-	-	1,90	3,50	4,25	3,87	3,39	1,60	2,93	1,91	2,08	2,27	1,39	0,41	0,03	-	-	-	-	-	29,52
3	-	-	-	-	-	-	3,09	6,54	9,58	11,33	11,26	11,14	11,28	10,60	7,40	5,63	2,24	0,41	0,02	-	-	-	-	-	90,51
4	-	-	-	-	-	-	2,23	3,84	5,26	8,02	9,86	10,32	10,32	10,05	6,92	5,12	1,86	0,74	0,04	-	-	-	-	-	74,57
5	-	-	-	-	-	-	1,94	3,80	3,91	4,20	6,96	8,38	7,62	7,06	4,85	4,76	3,23	1,12	0,04	-	-	-	-	-	57,86
6	-	-	-	-	-	-	2,64	5,50	7,94	10,79	12,81	11,19	11,20	11,70	9,24	4,91	2,32	0,63	0,03	-	-	-	-	-	90,90
7	-	-	-	-	-	-	2,84	6,08	8,67	10,88	12,65	13,93	13,92	13,03	11,26	7,84	3,97	1,24	0,05	-	-	-	-	-	106,34
8	-	-	-	-	-	-	3,01	6,24	8,98	11,81	13,21	14,06	14,03	13,01	10,53	7,81	4,12	0,34	0,01	-	-	-	-	-	107,17
9	-	-	-	-	-	-	3,02	5,21	7,65	10,19	11,70	12,78	13,02	12,08	8,36	5,53	2,20	0,56	0,03	-	-	-	-	-	92,33
10	-	-	-	-	-	-	2,94	6,21	9,27	11,61	12,67	13,28	13,25	12,15	10,55	7,89	4,09	0,87	0,04	-	-	-	-	-	104,82
11	-	-	-	-	-	-	2,20	4,26	6,79	10,15	11,32	12,28	9,21	8,41	6,50	3,93	1,61	0,64	0,04	-	-	-	-	-	77,34
12	-	-	-	-	-	-	2,40	5,30	7,43	9,22	10,80	10,25	10,99	9,17	7,70	4,19	1,36	0,13	0,00	-	-	-	-	-	78,94
13	-	-	-	-	-	-	0,70	1,33	3,97	5,88	5,73	6,41	11,05	9,29	5,42	3,96	2,85	1,31	0,06	-	-	-	-	-	57,96
14	-	-	-	-	-	-	2,09	5,23	6,57	7,50	9,66	9,49	8,12	6,47	4,83	3,93	1,18	0,23	0,01	-	-	-	-	-	65,31
15	-	-	-	-	-	-	2,21	5,57	7,12	8,02	9,69	10,62	10,66	10,04	8,27	5,54	2,47	0,44	0,02	-	-	-	-	-	80,68
16	-	-	-	-	-	-	1,28	3,11	7,23	10,62	11,39	11,15	7,72	7,31	3,25	3,11	1,57	0,64	0,04	-	-	-	-	-	68,43
17	-	-	-	-	-	-	1,94	4,87	7,45	6,63	6,99	6,48	6,56	6,04	7,55	7,17	3,98	1,39	0,06	-	-	-	-	-	67,11
18	-	-	-	-	-	-	2,41	5,83	8,34	10,56	12,23	13,15	13,49	12,91	10,56	7,42	3,65	0,89	0,05	-	-	-	-	-	101,52
19	-	-	-	-	-	-	2,14	5,10	8,22	10,58	12,06	13,30	12,87	12,15	10,96	8,40	4,49	1,07	0,05	-	-	-	-	-	101,38
20	-	-	-	-	-	-	1,89	5,22	6,74	8,23	9,78	11,11	9,23	8,32	5,54	4,00	2,38	1,32	0,06	-	-	-	-	-	73,85
21	-	-	-	-	-	-	2,42	5,41	7,83	9,25	9,70	10,67	10,82	10,58	10,07	6,93	0,50	0,50	0,03	-	-	-	-	-	84,70
22	-	-	-	-	-	-	1,04	3,09	3,52	3,78	7,20	10,68	10,82	11,03	5,39	2,04	0,91	0,21	0,01	-	-	-	-	-	59,71
23	-	-	-	-	-	-	0,74	2,19	4,99	6,42	7,00	7,14	7,66	7,97	5,28	0,99	0,71	0,08	0,00	-	-	-	-	-	51,16
24	-	-	-	-	-	-	1,68	5,48	8,72	11,37	13,64	13,99	12,29	11,37	9,66	8,26	4,32	0,96	0,05	-	-	-	-	-	101,78
25	-	-	-	-	-	-	1,67	5,71	8,68	11,55	13,43	14,34	13,93	12,88	11,32	8,69	4,65	0,86	0,05	-	-	-	-	-	107,75
26	-	-	-	-	-	-	1,83	5,29	8,59	10,75	12,56	12,76	12,34	11,40	9,60	6,76	4,49	1,67	0,07	-	-	-	-	-	98,10
27	-	-	-	-	-	-	2,22	5,21	7,29	10,37	10,76	12,11	12,52	10,66	7,98	5,70	3,59	1,62	0,07	-	-	-	-	-	90,11
28	-	-	-	-	-	-	1,89	5,08	7,44	10,31	12,32	12,81	12,33	11,26	10,28	7,74	3,91	1,09	0,06	-	-	-	-	-	96,51
29	-	-	-	-	-	-	2,02	5,82	8,87	11,57	12,80	13,69	13,78	12,99	11,17	8,38	4,81	1,78	0,08	-	-	-	-	-	107,77
30	-	-	-	-	-	-	1,86	5,43	9,07	11,69	13,24	13,78	13,42	12,77	9,95	6,66	3,37	1,34	0,06	-	-	-	-	-	102,64
31	-	-	-	-	-	-	1,51	5,12	7,87	10,27	12,18	13,99	13,45	12,44	10,86	7,22	4,01	0,89	0,05	-	-	-	-	-	99,87
Décembre	-	-	-	-	-	-	2,09	4,93	7,34	9,32	10,71	11,31	11,09	10,25	8,10	5,73	2,87	0,83	0,04	-	-	-	-	-	**2 622,75**

Annexe 6 : Les 12 fichiers horaires cumulés du système de stockage

Les 12 fichiers horaires du système de stockage sont différents des fichiers des autres systèmes. En effet, pour le système de stockage, nous avons des données cumulées d'énergie exprimée en [kWh]. Comme les autres systèmes, nous pouvons voir l'état du système de stockage au pas horaire, à la fin de chaque journée.

Nous avons également adopté des codes couleurs pur ce système, si la couleur est verte, cela veut dire que le système de stockage est plein et inversement si la couleur est rouge, le niveau de stockage minimal est atteint. Ces couleurs changent dynamiquement en fonction des paramètres de simulation.

Nous remarquons sur ces fichiers que durant la pause déjeuner de midi à 14h, le système de stockage est toujours plein du fait qu'à ce moment-là, il n'y a pas beaucoup de consommation d'énergie alors que la production est maximale. Il en est de même pour les jours des week end.

STO	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
2	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
3	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,91	65,84	56,78	57,46	57,50	57,50	57,50	57,50	57,50	57,50	57,50
4	57,50	57,50	57,50	57,50	57,50	57,50	59,38	64,98	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,43	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05
5	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05	62,92	68,29	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,43	66,84	59,24	60,20	60,25	60,25	60,25	60,25	60,25	60,25	60,25
6	60,25	60,25	60,25	60,25	60,25	60,25	62,02	66,56	69,87	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,91	62,26	53,67	54,32	54,36	54,36	54,36	54,36	54,36	54,36	54,36
7	54,36	54,36	54,36	54,36	54,36	54,36	55,92	59,95	62,74	63,51	70,00	70,00	70,00	70,00	63,26	55,47	43,94	44,01	44,02	44,02	44,02	44,02	44,02	44,02	44,02
8	44,02	44,02	44,02	44,02	44,02	44,02	45,92	51,24	56,44	60,90	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
9	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
10	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,74	70,00	70,00	70,00	70,00	64,46	55,72	44,56	44,75	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76
11	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76	46,09	50,77	54,24	56,93	68,20	70,00	70,00	70,00	70,00	66,85	58,96	59,93	59,98	59,98	59,98	59,98	59,98	59,98	59,98
12	59,98	59,98	59,98	59,98	59,98	59,98	60,36	61,39	60,38	57,67	64,15	70,00	70,00	70,00	66,12	60,89	51,18	51,98	52,03	52,03	52,03	52,03	52,03	52,03	52,03
13	52,03	52,03	52,03	52,03	52,03	52,03	53,16	56,98	59,90	59,12	66,16	70,00	70,00	70,00	67,88	64,33	55,69	56,25	56,28	56,28	56,28	56,28	56,28	56,28	56,28
14	56,28	56,28	56,28	56,28	56,28	56,28	57,61	62,41	67,35	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,41	67,26	60,94	62,95	63,03	63,03	63,03	63,03	63,03	63,03	63,03
15	63,03	63,03	63,03	63,03	63,03	63,03	63,99	67,39	69,96	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
16	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
17	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,15	65,70	57,84	59,79	59,88	59,88	59,88	59,88	59,88	59,88	59,88
18	59,88	59,88	59,88	59,88	59,88	59,88	60,74	64,01	66,07	67,52	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,22	61,28	63,13	63,21	63,21	63,21	63,21	63,21	63,21	63,21
19	63,21	63,21	63,21	63,21	63,21	63,21	64,26	68,77	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,59	66,19	56,54	57,12	57,16	57,16	57,16	57,16	57,16	57,16	57,16
20	57,16	57,16	57,16	57,16	57,16	57,16	57,92	60,24	58,84	56,29	59,68	65,93	70,00	70,00	68,69	63,20	54,49	55,32	55,37	55,37	55,37	55,37	55,37	55,37	55,37
21	55,37	55,37	55,37	55,37	55,37	55,37	56,55	61,81	67,06	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,80	62,56	64,63	64,71	64,71	64,71	64,71	64,71	64,71	64,71
22	64,71	64,71	64,71	64,71	64,71	64,71	65,81	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
23	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
24	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,67	61,02	50,50	51,79	51,86	51,86	51,86	51,86	51,86	51,86	51,86
25	51,86	51,86	51,86	51,86	51,86	51,86	52,75	55,64	57,09	55,94	60,32	66,92	70,00	70,00	63,07	54,70	43,57	43,63	43,63	43,63	43,63	43,63	43,63	43,63	43,63
26	43,63	43,63	43,63	43,63	43,63	43,63	44,53	47,68	49,23	49,37	56,89	66,32	70,00	70,00	65,54	59,45	50,32	51,60	51,67	51,67	51,67	51,67	51,67	51,67	51,67
27	51,67	51,67	51,67	51,67	51,67	51,67	52,47	55,55	57,95	57,57	64,14	69,32	70,00	70,00	62,39	58,09	49,29	49,85	49,88	49,88	49,88	49,88	49,88	49,88	49,88
28	49,88	49,88	49,88	49,88	49,88	49,88	50,82	53,60	55,67	53,48	57,85	64,15	70,00	70,00	65,98	59,85	50,41	50,95	50,98	50,98	50,98	50,98	50,98	50,98	50,98
29	50,98	50,98	50,98	50,98	50,98	50,98	52,24	57,61	61,71	64,21	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
30	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
31	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,04	60,00	49,08	49,57	49,60	49,60	49,60	49,60	49,60	49,60	49,60
Janvier	60,37	60,37	60,37	60,37	60,37	60,37	61,14	63,70	65,31	65,56	67,98	69,44	70,00	70,00	68,18	65,13	59,09	59,69	59,72	59,72	59,72	59,72	59,72	59,72	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	49,60	49,60	49,60	49,60	49,60	49,60	50,66	55,59	60,80	64,99	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,07	63,19	64,92	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
2	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	66,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,50	58,80	59,52	59,57	59,57	59,57	59,57	59,57	59,57	59,57
3	59,57	59,57	59,57	59,57	59,57	59,57	60,61	64,77	68,82	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,67	62,21	63,17	63,23	63,23	63,23	63,23	63,23	63,23	63,23
4	63,23	63,23	63,23	63,23	63,23	63,23	64,26	68,84	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,18	61,09	62,08	62,14	62,14	62,14	62,14	62,14	62,14	62,14
5	62,14	62,14	62,14	62,14	62,14	62,14	63,15	67,74	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
6	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
7	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	63,14	55,77	46,21	46,67	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69
8	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	47,55	50,53	53,74	53,58	60,18	68,47	70,00	70,00	61,99	54,28	44,87	45,69	45,75	45,75	45,75	45,75	45,75	45,75	45,75
9	45,75	45,75	45,75	45,75	45,75	45,75	46,58	49,74	53,35	54,26	59,70	63,34	67,35	70,00	65,13	57,86	46,72	46,83	46,84	46,84	46,84	46,84	46,84	46,84	46,84
10	46,84	46,84	46,84	46,84	46,84	46,84	47,43	49,34	48,82	46,69	53,20	62,10	70,00	70,00	64,83	58,78	50,73	51,65	51,70	51,70	51,70	51,70	51,70	51,70	51,70
11	51,70	51,70	51,70	51,70	51,70	51,70	52,32	54,99	56,25	54,88	61,02	64,76	66,58	68,35	60,24	52,37	42,30	42,85	42,88	42,88	42,88	42,88	42,88	42,88	42,88
12	42,88	42,88	42,88	42,88	42,88	42,88	43,88	47,23	49,73	50,89	61,35	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
13	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
14	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,88	62,94	64,81	64,89	64,89	64,89	64,89	64,89	64,89	64,89
15	64,89	64,89	64,89	64,89	64,89	64,89	65,39	69,50	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,81	60,48	61,51	61,56	61,56	61,56	61,56	61,56	61,56	61,56
16	61,56	61,56	61,56	61,56	61,56	61,56	61,79	62,96	61,80	60,36	68,81	70,00	70,00	70,00	70,00	67,87	60,13	61,59	61,66	61,66	61,66	61,66	61,66	61,66	61,66
17	61,66	61,66	61,66	61,66	61,66	61,66	61,87	63,16	61,70	57,48	59,64	63,68	66,51	69,38	61,89	54,47	44,88	45,21	45,22	45,22	45,22	45,22	45,22	45,22	45,22
18	45,22	45,22	45,22	45,22	45,22	45,22	45,70	50,03	54,76	58,28	69,16	70,00	70,00	70,00	69,45	66,40	58,96	60,38	60,44	60,44	60,44	60,44	60,44	60,44	60,44
19	60,44	60,44	60,44	60,44	60,44	60,44	60,93	64,42	67,14	68,11	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
20	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
21	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,21	65,32	56,72	58,20	58,26	58,26	58,26	58,26	58,26	58,26	58,26
22	58,26	58,26	58,26	58,26	58,26	58,26	58,70	62,82	67,57	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,84	62,35	64,05	64,12	64,12	64,12	64,12	64,12	64,12	64,12
23	64,12	64,12	64,12	64,12	64,12	64,12	64,60	68,50	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,33	61,91	63,04	63,09	63,09	63,09	63,09	63,09	63,09	63,09
24	63,09	63,09	63,09	63,09	63,09	63,09	63,56	67,94	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,92	62,47	63,91	63,97	63,97	63,97	63,97	63,97	63,97	63,97
25	63,97	63,97	63,97	63,97	63,97	63,97	64,41	68,54	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,43	60,03	61,11	61,17	61,17	61,17	61,17	61,17	61,17	61,17
26	61,17	61,17	61,17	61,17	61,17	61,17	61,59	64,72	66,91	68,85	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
27	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
28	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,17	58,52	59,06	59,10	59,10	59,10	59,10	59,10	59,10	59,10
29																									
30																									
31																									
Fevrier	60,63	60,63	60,63	60,63	60,63	60,63	61,11	63,62	65,05	65,30	67,61	69,01	69,66	69,92	68,42	65,85	60,20	60,94	60,97	60,97	60,97	60,97	60,97	60,97	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	0,16	1,55	14,00	14,00	20,03	28,40	35,59	42,91	39,82	34,72	26,40	27,38	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44
2	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44	27,69	29,47	29,67	29,54	38,16	45,76	52,09	59,53	56,88	52,13	44,09	45,40	45,45	45,45	45,45	45,45	45,45	45,45	45,45
3	45,45	45,45	45,45	45,45	45,45	45,45	45,91	49,19	52,25	53,79	62,77	70,00	70,00	70,00	69,27	65,36	57,59	59,02	59,07	59,07	59,07	59,07	59,07	59,07	59,07
4	59,07	59,07	59,07	59,07	59,07	59,07	59,51	63,20	67,65	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,92	65,87	57,83	58,42	58,46	58,46	58,46	58,46	58,46	58,46	58,46
5	58,46	58,46	58,46	58,46	58,46	58,46	58,89	63,00	67,26	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
6	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
7	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,99	60,56	61,34	61,38	61,38	61,38	61,38	61,38	61,38	61,38
8	61,38	61,38	61,38	61,38	61,38	61,38	61,82	65,57	68,58	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,97	63,62	55,25	55,83	55,86	55,86	55,86	55,86	55,86	55,86	55,86
9	55,86	55,86	55,86	55,86	55,86	55,86	56,01	56,73	55,24	51,67	56,44	61,30	66,05	69,89	64,26	57,57	47,71	48,39	48,43	48,43	48,43	48,43	48,43	48,43	48,43
10	48,43	48,43	48,43	48,43	48,43	48,43	48,79	51,16	51,60	48,97	53,71	58,38	62,69	65,41	57,89	49,87	40,62	40,99	41,01	41,01	41,01	41,01	41,01	41,01	41,01
11	41,01	41,01	41,01	41,01	41,01	41,01	41,23	42,63	42,12	40,09	46,32	51,85	56,60	61,18	56,00	49,09	38,88	39,63	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67
12	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	40,16	43,77	46,88	49,35	60,41	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
13	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
14	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,16	63,68	54,44	55,40	55,43	55,43	55,43	55,43	55,43	55,43	55,43
15	55,43	55,43	55,43	55,43	55,43	55,43	55,79	59,78	64,40	68,03	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,68	59,89	60,42	60,45	60,45	60,45	60,45	60,45	60,45	60,45
16	60,45	60,45	60,45	60,45	60,45	60,45	60,87	64,54	67,55	68,80	70,00	70,00	70,00	70,00	69,98	67,68	60,46	61,18	61,21	61,21	61,21	61,21	61,21	61,21	61,21
17	61,21	61,21	61,21	61,21	61,21	61,21	61,62	64,64	66,77	68,72	70,00	70,00	70,00	70,00	69,84	65,27	56,10	56,43	56,45	56,45	56,45	56,45	56,45	56,45	56,45
18	56,45	56,45	56,45	56,45	56,45	56,45	56,77	60,79	65,28	69,40	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,38	58,97	59,42	59,44	59,44	59,44	59,44	59,44	59,44	59,44
19	59,44	59,44	59,44	59,44	59,44	59,44	59,76	63,78	68,52	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
20	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
21	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,24	63,43	56,05	57,05	57,08	57,08	57,08	57,08	57,08	57,08	57,08
22	57,08	57,08	57,08	57,08	57,08	57,08	57,44	61,65	66,28	69,47	70,00	70,00	70,00	70,00	68,26	63,47	54,01	54,29	54,30	54,30	54,30	54,30	54,30	54,30	54,30
23	54,30	54,30	54,30	54,30	54,30	54,30	54,73	58,66	62,71	62,59	67,74	70,00	70,00	70,00	66,31	59,27	49,42	49,76	49,78	49,78	49,78	49,78	49,78	49,78	49,78
24	49,78	49,78	49,78	49,78	49,78	49,78	50,14	53,73	58,17	60,70	70,00	70,00	70,00	70,00	66,20	61,46	52,35	52,69	52,70	52,70	52,70	52,70	52,70	52,70	52,70
25	52,70	52,70	52,70	52,70	52,70	52,70	53,06	55,61	57,69	58,37	67,04	70,00	70,00	70,00	65,73	58,83	48,13	48,49	48,51	48,51	48,51	48,51	48,51	48,51	48,51
26	48,51	48,51	48,51	48,51	48,51	48,51	48,85	51,19	51,81	48,59	51,79	56,67	62,14	69,31	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
27	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
28	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,94	59,40	60,07	60,09	60,09	60,09	60,09	60,09	60,09	60,09
29	60,09	60,09	60,09	60,09	60,09	60,09	60,49	64,40	68,86	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,12	58,14	58,89	58,91	58,91	58,91	58,91	58,91	58,91	58,91
30	58,91	58,91	58,91	58,91	58,91	58,91	59,30	63,14	66,84	68,61	70,00	70,00	70,00	70,00	68,74	65,73	58,12	58,91	58,93	58,93	58,93	58,93	58,93	58,93	58,93
31	58,93	58,93	58,93	58,93	58,93	58,93	59,39	62,81	66,46	69,18	70,00	70,00	70,00	70,00	66,21	60,42	50,76	51,01	51,02	51,02	51,02	51,02	51,02	51,02	51,02
Mars	55,81	55,81	55,81	55,81	55,81	55,81	56,08	58,42	60,86	61,61	64,34	66,21	67,26	68,33	66,70	63,37	56,94	57,43	57,45	57,45	57,45	57,45	57,45	57,45	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	51,02	51,02	51,02	51,02	51,02	51,02	51,49	55,18	60,95	66,58	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	64,94	65,66	65,68	65,68	65,68	65,68	65,68	65,68	65,68
2	65,68	65,68	65,68	65,68	65,68	65,68	66,10	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
3	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
4	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	64,31	59,19	51,38	51,44	51,44	51,44	51,44	51,44	51,44	51,44	51,44
5	51,44	51,44	51,44	51,44	51,44	51,44	51,86	55,50	60,19	63,08	70,00	70,00	70,00	70,00	68,45	65,69	59,19	59,48	59,49	59,49	59,49	59,49	59,49	59,49	59,49
6	59,49	59,49	59,49	59,49	59,49	59,49	59,91	62,56	66,27	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,85	68,74	63,87	64,21	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22
7	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22	64,67	68,26	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,49	66,15	58,99	59,20	59,20	59,20	59,20	59,20	59,20	59,20	59,20
8	59,20	59,20	59,20	59,20	59,20	59,20	59,64	62,54	66,20	67,94	70,00	70,00	70,00	70,00	67,86	64,17	57,48	57,81	57,82	57,82	57,82	57,82	57,82	57,82	57,82
9	57,82	57,82	57,82	57,82	57,82	57,82	58,29	61,61	66,36	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
10	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
11	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	64,37	57,70	49,30	49,40	49,41	49,41	49,41	49,41	49,41	49,41	49,41
12	49,41	49,41	49,41	49,41	49,41	49,41	49,86	52,75	56,78	59,82	66,77	70,00	70,00	70,00	70,00	67,38	59,98	60,21	60,23	60,23	60,23	60,23	60,23	60,23	60,23
13	60,23	60,23	60,23	60,23	60,23	60,23	60,69	64,44	68,35	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,01	61,15	61,50	61,52	61,52	61,52	61,52	61,52	61,52	61,52
14	61,52	61,52	61,52	61,52	61,52	61,52	61,58	62,15	62,78	60,27	61,54	62,84	63,95	65,40	59,25	52,98	44,67	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71
15	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71	44,97	46,40	47,58	45,81	48,42	51,86	55,74	57,44	50,71	44,53	36,49	36,57	36,57	36,57	36,57	36,57	36,57	36,57	36,57
16	36,57	36,57	36,57	36,57	36,57	36,57	36,98	39,95	43,15	45,39	51,20	58,83	64,48	69,69	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
17	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
18	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,98	70,00	70,00	70,00	70,00	64,45	59,12	51,93	52,09	52,10	52,10	52,10	52,10	52,10	52,10	52,10
19	52,10	52,10	52,10	52,10	52,10	52,10	52,51	56,23	62,77	63,69	67,73	70,00	70,00	70,00	65,55	60,39	52,49	52,54	52,54	52,54	52,54	52,54	52,54	52,54	52,54
20	52,54	52,54	52,54	52,54	52,54	52,54	52,98	55,91	60,75	65,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,29	62,62	62,76	62,76	62,76	62,76	62,76	62,76	62,76	62,76
21	62,76	62,76	62,76	62,76	62,76	62,76	63,16	67,33	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	64,55	64,68	64,68	64,68	64,68	64,68	64,68	64,68	64,68
22	64,68	64,68	64,68	64,68	64,68	64,68	64,92	66,54	67,76	64,94	67,04	70,00	70,00	70,00	63,17	56,30	48,10	48,14	48,14	48,14	48,14	48,14	48,14	48,14	48,14
23	48,14	48,14	48,14	48,14	48,14	48,14	48,50	50,73	53,60	55,23	60,80	67,02	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
24	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
25	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,05	64,02	57,65	57,78	57,78	57,78	57,78	57,78	57,78	57,78	57,78
26	57,78	57,78	57,78	57,78	57,78	57,78	58,24	62,60	67,23	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,22	61,35	61,45	61,45	61,45	61,45	61,45	61,45	61,45	61,45
27	61,45	61,45	61,45	61,45	61,45	61,45	61,84	65,80	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,79	64,34	64,48	64,48	64,48	64,48	64,48	64,48	64,48	64,48
28	64,48	64,48	64,48	64,48	64,48	64,48	64,88	68,92	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,52	59,93	59,99	59,99	59,99	59,99	59,99	59,99	59,99	59,99
29	59,99	59,99	59,99	59,99	59,99	59,99	60,13	60,89	60,74	57,61	60,21	63,93	67,44	70,00	64,60	58,84	50,64	50,66	50,66	50,66	50,66	50,66	50,66	50,66	50,66
30	50,66	50,66	50,66	50,66	50,66	50,66	50,93	52,29	52,88	50,71	57,20	64,12	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
31	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	
Avril	60,19	60,19	60,19	60,19	60,19	60,19	60,46	62,53	64,66	65,36	67,13	68,34	69,08	69,44	67,75	65,36	60,68	60,80	60,80	60,80	60,80	60,80	60,80	60,80	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
2	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,23	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33
3	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,72	69,52	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,31	64,40	64,50	64,50	64,50	64,50	64,50	64,50	64,50	64,50
4	64,50	64,50	64,50	64,50	64,50	64,50	64,88	67,41	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,08	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20
5	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20	67,61	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,75	66,09	66,20	66,20	66,20	66,20	66,20	66,20	66,20	66,20
6	66,20	66,20	66,20	66,20	66,20	66,20	66,60	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,78	66,90	66,90	66,90	66,90	66,90	66,90	66,90	66,90
7	66,90	66,90	66,90	66,90	66,90	66,90	67,30	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
8	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
9	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,76	66,87	66,87	66,87	66,87	66,87	66,87	66,87	66,87
10	66,87	66,87	66,87	66,87	66,87	66,87	67,25	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,87	66,98	66,98	66,98	66,98	66,98	66,98	66,98	66,98
11	66,98	66,98	66,98	66,98	66,98	66,98	67,38	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,59	65,66	65,66	65,66	65,66	65,66	65,66	65,66	65,66
12	65,66	65,66	65,66	65,66	65,66	65,66	66,06	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,70	65,78	65,78	65,78	65,78	65,78	65,78	65,78	65,78
13	65,78	65,78	65,78	65,78	65,78	65,78	66,18	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,72	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83
14	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	67,22	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
15	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
16	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,76	66,88	66,88	66,88	66,88	66,88	66,88	66,88	66,88
17	66,88	66,88	66,88	66,88	66,88	66,88	67,27	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,62	65,70	65,70	65,70	65,70	65,70	65,70	65,70	65,70
18	65,70	65,70	65,70	65,70	65,70	65,70	66,07	69,31	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,87	65,68	65,77	65,77	65,77	65,77	65,77	65,77	65,77	65,77
19	65,77	65,77	65,77	65,77	65,77	65,77	65,98	67,91	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,94	67,07	67,07	67,07	67,07	67,07	67,07	67,07	67,07
20	67,07	67,07	67,07	67,07	67,07	67,07	67,42	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,81	66,92	66,92	66,92	66,92	66,92	66,92	66,92	66,92
21	66,92	66,92	66,92	66,92	66,92	66,92	67,30	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
22	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
23	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,43	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53
24	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,90	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,70	65,14	65,25	65,25	65,25	65,25	65,25	65,25	65,25	65,25
25	65,25	65,25	65,25	65,25	65,25	65,25	65,54	67,44	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,76	64,28	64,36	64,36	64,36	64,36	64,36	64,36	64,36	64,36
26	64,36	64,36	64,36	64,36	64,36	64,36	64,66	67,10	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,71	64,66	59,07	59,08	59,08	59,08	59,08	59,08	59,08	59,08	59,08
27	59,08	59,08	59,08	59,08	59,08	59,08	59,33	61,34	65,97	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,57	65,87	65,97	65,97	65,97	65,97	65,97	65,97	65,97	65,97
28	65,97	65,97	65,97	65,97	65,97	65,97	66,32	69,84	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
29	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
30	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,53	66,63	66,63	66,63	66,63	66,63	66,63	66,63	66,63
31	66,63	66,63	66,63	66,63	66,63	66,63	66,63	69,80	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,06	64,69	59,31	59,34	59,34	59,34	59,34	59,34	59,34	59,34	59,34
Mai	67,21	67,21	67,21	67,21	67,21	67,21	67,44	69,34	69,87	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,90	69,49	66,80	66,86	66,86	66,86	66,86	66,86	66,86	66,86	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	59,34	59,34	59,34	59,34	59,34	59,34	59,34	63,30	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,86	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97
2	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,67	66,78	66,78	66,78	66,78	66,78	66,78	66,78	66,78
3	66,78	66,78	66,78	66,78	66,78	66,78	66,78	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,64	65,09	65,16	65,16	65,16	65,16	65,16	65,16	65,16	65,16
4	65,16	65,16	65,16	65,16	65,16	65,16	65,16	68,20	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
5	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
6	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,71	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83
7	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,51	66,62	66,62	66,62	66,62	66,62	66,62	66,62	66,62
8	66,62	66,62	66,62	66,62	66,62	66,62	66,62	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,43	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53
9	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	66,53	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,70	66,81	66,81	66,81	66,81	66,81	66,81	66,81	66,81
10	66,81	66,81	66,81	66,81	66,81	66,81	66,81	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,94	65,26	65,36	65,36	65,36	65,36	65,36	65,36	65,36	65,36
11	65,36	65,36	65,36	65,36	65,36	65,36	65,36	69,04	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
12	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
13	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,80	65,89	65,89	65,89	65,89	65,89	65,89	65,89	65,89
14	65,89	65,89	65,89	65,89	65,89	65,89	65,89	68,22	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,65	65,21	65,29	65,29	65,29	65,29	65,29	65,29	65,29	65,29
15	65,29	65,29	65,29	65,29	65,29	65,29	65,29	68,62	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,55	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66
16	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,02	67,14	67,14	67,14	67,14	67,14	67,14	67,14	67,14
17	67,14	67,14	67,14	67,14	67,14	67,14	67,14	68,35	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,61	62,28	62,31	62,31	62,31	62,31	62,31	62,31	62,31	62,31
18	62,31	62,31	62,31	62,31	62,31	62,31	62,31	65,09	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
19	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
20	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,23	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33
21	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	66,33	69,64	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,81	65,49	65,57	65,57	65,57	65,57	65,57	65,57	65,57	65,57
22	65,57	65,57	65,57	65,57	65,57	65,57	65,57	67,43	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,03	62,10	62,16	62,16	62,16	62,16	62,16	62,16	62,16	62,16
23	62,16	62,16	62,16	62,16	62,16	62,16	62,16	65,39	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,48	65,55	65,55	65,55	65,55	65,55	65,55	65,55	65,55
24	65,55	65,55	65,55	65,55	65,55	65,55	65,55	68,94	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,40	66,50	66,50	66,50	66,50	66,50	66,50	66,50	66,50
25	66,50	66,50	66,50	66,50	66,50	66,50	66,50	68,71	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
26	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
27	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,92	67,05	67,05	67,05	67,05	67,05	67,05	67,05	67,05
28	67,05	67,05	67,05	67,05	67,05	67,05	67,05	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,61	65,69	65,69	65,69	65,69	65,69	65,69	65,69	65,69
29	65,69	65,69	65,69	65,69	65,69	65,69	65,69	69,21	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,80	66,55	66,67	66,67	66,67	66,67	66,67	66,67	66,67	66,67
30	66,67	66,67	66,67	66,67	66,67	66,67	66,67	69,44	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,95	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04
31	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	
Juin	66,75	66,75	66,75	66,75	66,75	66,75	66,75	68,89	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87	69,63	66,90	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97	66,97	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	66,04	69,57	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,11	68,18	68,18	68,18	68,18	68,18	68,18	68,18	68,18
2	68,18	68,18	68,18	68,18	68,18	68,18	68,18	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
3	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
4	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,01	68,06	68,06	68,06	68,06	68,06	68,06	68,06	68,06
5	68,06	68,06	68,06	68,06	68,06	68,06	68,06	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,06	69,16	69,16	69,16	69,16	69,16	69,16	69,16	69,16
6	69,16	69,16	69,16	69,16	69,16	69,16	69,16	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,77	69,90	69,90	69,90	69,90	69,90	69,90	69,90	69,90
7	69,90	69,90	69,90	69,90	69,90	69,90	69,90	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,63	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75
8	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,09	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19
9	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19	69,19	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
10	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
11	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,82	69,94	69,94	69,94	69,94	69,94	69,94	69,94	69,94
12	69,94	69,94	69,94	69,94	69,94	69,94	69,94	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
13	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,22	68,30	68,30	68,30	68,30	68,30	68,30	68,30	68,30
14	68,30	68,30	68,30	68,30	68,30	68,30	68,30	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,49	69,62	69,62	69,62	69,62	69,62	69,62	69,62	69,62
15	69,62	69,62	69,62	69,62	69,62	69,62	69,62	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,74	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87
16	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87	69,87	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
17	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
18	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
19	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
20	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,98	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
21	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
22	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
23	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
24	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
25	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,71	68,80	68,80	68,80	68,80	68,80	68,80	68,80	68,80
26	68,80	68,80	68,80	68,80	68,80	68,80	68,80	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,98	69,09	69,09	69,09	69,09	69,09	69,09	69,09	69,09
27	69,09	69,09	69,09	69,09	69,09	69,09	69,09	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,57	68,66	68,66	68,66	68,66	68,66	68,66	68,66	68,66
28	68,66	68,66	68,66	68,66	68,66	68,66	68,66	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,41	68,50	68,50	68,50	68,50	68,50	68,50	68,50	68,50
29	68,50	68,50	68,50	68,50	68,50	68,50	68,50	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,86	67,91	67,91	67,91	67,91	67,91	67,91	67,91	67,91
30	67,91	67,91	67,91	67,91	67,91	67,91	67,91	69,77	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
31	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Juillet	69,39	69,39	69,39	69,39	69,39	69,39	69,39	69,98	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,47	69,51	69,51	69,51	69,51	69,51	69,51	69,51	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
2	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,85	69,06	69,07	69,07	69,07	69,07	69,07	69,07	69,07
3	69,07	69,07	69,07	69,07	69,07	69,07	69,07	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
4	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
5	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,91	69,09	69,10	69,10	69,10	69,10	69,10	69,10	69,10
6	69,10	69,10	69,10	69,10	69,10	69,10	69,10	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
7	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
8	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,95	69,16	69,17	69,17	69,17	69,17	69,17	69,17	69,17
9	69,17	69,17	69,17	69,17	69,17	69,17	69,17	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
10	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,43	69,74	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75
11	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
12	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,25	69,56	69,57	69,57	69,57	69,57	69,57	69,57	69,57
13	69,57	69,57	69,57	69,57	69,57	69,57	69,57	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
14	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
15	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,14	66,69	66,76	66,76	66,76	66,76	66,76	66,76	66,76	66,76
16	66,76	66,76	66,76	66,76	66,76	66,76	67,07	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
17	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
18	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,59	69,91	69,92	69,92	69,92	69,92	69,92	69,92	69,92
19	69,92	69,92	69,92	69,92	69,92	69,92	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,69	69,90	69,91	69,91	69,91	69,91	69,91	69,91	69,91
20	69,91	69,91	69,91	69,91	69,91	69,91	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
21	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
22	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
23	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,99	69,24	69,25	69,25	69,25	69,25	69,25	69,25	69,25
24	69,25	69,25	69,25	69,25	69,25	69,25	69,61	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,29	68,41	68,42	68,42	68,42	68,42	68,42	68,42	68,42
25	68,42	68,42	68,42	68,42	68,42	68,42	68,75	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,84	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
26	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,82	69,03	69,04	69,04	69,04	69,04	69,04	69,04	69,04
27	69,04	69,04	69,04	69,04	69,04	69,04	69,43	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
28	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
29	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
30	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
31	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Août	69,68	69,68	69,68	69,68	69,68	69,68	69,73	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,97	69,59	69,67	69,68	69,68	69,68	69,68	69,68	69,68	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,08	58,50	44,36	44,70	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71
2	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71	44,71	45,10	48,56	49,31	49,07	58,72	70,00	70,00	70,00	65,94	58,01	43,94	44,28	44,30	44,30	44,30	44,30	44,30	44,30	44,30
3	44,30	44,30	44,30	44,30	44,30	44,30	44,66	48,35	49,40	49,01	58,46	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
4	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
5	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	66,06	57,90	43,04	43,24	43,25	43,25	43,25	43,25	43,25	43,25	43,25
6	43,25	43,25	43,25	43,25	43,25	43,25	43,63	47,33	48,54	48,45	58,28	70,00	70,00	70,00	66,16	58,79	45,34	45,61	45,62	45,62	45,62	45,62	45,62	45,62	45,62
7	45,62	45,62	45,62	45,62	45,62	45,62	46,00	49,80	51,23	51,55	61,57	70,00	70,00	70,00	65,65	58,05	44,10	44,41	44,42	44,42	44,42	44,42	44,42	44,42	44,42
8	44,42	44,42	44,42	44,42	44,42	44,42	44,89	48,38	49,43	49,13	58,80	70,00	70,00	70,00	65,58	58,02	44,11	44,43	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44
9	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	44,87	48,63	50,09	50,46	60,58	70,00	70,00	70,00	65,78	58,08	43,90	44,16	44,17	44,17	44,17	44,17	44,17	44,17	44,17
10	44,17	44,17	44,17	44,17	44,17	44,17	45,01	48,69	50,16	50,52	60,53	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
11	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
12	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,55	56,89	42,18	42,50	42,51	42,51	42,51	42,51	42,51	42,51	42,51
13	42,51	42,51	42,51	42,51	42,51	42,51	43,36	46,84	47,94	48,23	58,17	70,00	70,00	70,00	65,13	56,58	41,36	41,66	41,67	41,67	41,67	41,67	41,67	41,67	41,67
14	41,67	41,67	41,67	41,67	41,67	41,67	42,58	46,37	47,75	47,81	57,53	70,00	70,00	70,00	65,87	58,50	44,95	45,28	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30
15	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30	46,19	49,88	51,13	51,08	60,68	70,00	70,00	70,00	65,54	57,15	42,45	42,70	42,71	42,71	42,71	42,71	42,71	42,71	42,71
16	42,71	42,71	42,71	42,71	42,71	42,71	43,67	47,30	48,43	48,55	58,77	70,00	70,00	70,00	65,74	58,27	44,53	44,75	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76
17	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76	45,64	49,73	51,08	51,13	61,08	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
18	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
19	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,96	70,00	70,00	70,00	70,00	65,88	57,65	43,17	43,46	43,48	43,48	43,48	43,48	43,48	43,48	43,48
20	43,48	43,48	43,48	43,48	43,48	43,48	44,46	48,45	49,81	49,99	59,89	70,00	70,00	70,00	65,51	57,65	43,73	44,05	44,06	44,06	44,06	44,06	44,06	44,06	44,06
21	44,06	44,06	44,06	44,06	44,06	44,06	44,94	49,13	50,83	51,18	60,89	70,00	70,00	70,00	65,90	58,36	44,67	44,87	44,88	44,88	44,88	44,88	44,88	44,88	44,88
22	44,88	44,88	44,88	44,88	44,88	44,88	45,92	49,39	50,22	49,92	59,42	70,00	70,00	70,00	65,81	58,29	44,60	44,84	44,85	44,85	44,85	44,85	44,85	44,85	44,85
23	44,85	44,85	44,85	44,85	44,85	44,85	45,81	49,94	51,65	52,17	62,50	70,00	70,00	70,00	65,86	58,11	44,16	44,43	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44
24	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	45,35	49,62	51,47	52,15	62,47	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
25	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
26	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,47	57,50	43,72	43,90	43,90	43,90	43,90	43,90	43,90	43,90	43,90
27	43,90	43,90	43,90	43,90	43,90	43,90	44,94	49,01	50,29	50,15	59,85	70,00	70,00	70,00	65,91	58,28	44,52	44,84	44,86	44,86	44,86	44,86	44,86	44,86	44,86
28	44,86	44,86	44,86	44,86	44,86	44,86	45,99	50,23	52,06	52,77	62,91	70,00	70,00	70,00	65,69	57,66	43,86	44,13	44,14	44,14	44,14	44,14	44,14	44,14	44,14
29	44,14	44,14	44,14	44,14	44,14	44,14	45,19	49,53	51,49	52,24	62,65	70,00	70,00	70,00	65,48	57,03	43,20	43,52	43,53	43,53	43,53	43,53	43,53	43,53	43,53
30	43,53	43,53	43,53	43,53	43,53	43,53	44,66	48,95	50,74	51,38	61,59	70,00	70,00	70,00	64,89	56,72	42,89	43,13	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14
31	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	
eptembr	51,59	51,59	51,59	51,59	51,59	51,59	52,13	54,75	55,68	55,81	62,53	69,13	69,13	69,13	66,09	60,49	50,51	50,71	50,72	50,72	50,72	50,72	50,72	50,72	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	43,14	44,41	46,59	44,86	39,62	45,13	57,03	68,72	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
2	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
3	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,59	64,74	70,00	70,00	70,00	70,00	61,05	48,95	30,68	30,89	30,89	30,89	30,89	30,89	30,89	30,89	30,89
4	30,89	30,89	30,89	30,89	30,89	30,89	32,54	35,26	34,78	32,43	40,46	54,51	68,37	70,00	61,24	48,69	30,31	30,55	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56
5	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56	32,24	35,08	34,62	32,24	40,15	54,24	68,37	70,00	62,38	50,99	34,28	34,58	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60
6	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	34,60	36,35	39,45	39,21	37,09	45,19	59,28	70,00	70,00	62,64	51,62	34,82	35,12	35,13	35,13	35,13	35,13	35,13	35,13	35,13
7	35,13	35,13	35,13	35,13	35,13	35,13	36,96	40,22	40,29	38,77	47,40	62,02	70,00	70,00	62,97	52,25	35,59	35,90	35,92	35,92	35,92	35,92	35,92	35,92	35,92
8	35,92	35,92	35,92	35,92	35,92	35,92	37,65	40,59	39,84	36,82	43,14	55,06	67,24	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
9	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
10	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,85	61,94	65,60	70,00	70,00	70,00	58,79	44,13	25,81	26,08	26,10	26,10	26,10	26,10	26,10	26,10	26,10
11	26,10	26,10	26,10	26,10	26,10	26,10	28,03	31,49	31,33	29,17	36,73	49,92	63,11	70,00	61,47	49,93	33,18	33,52	33,54	33,54	33,54	33,54	33,54	33,54	33,54
12	33,54	33,54	33,54	33,54	33,54	33,54	35,42	38,53	38,01	35,35	42,92	56,07	68,66	70,00	61,73	50,30	32,73	33,01	33,03	33,03	33,03	33,03	33,03	33,03	33,03
13	33,03	33,03	33,03	33,03	33,03	33,03	34,98	38,13	37,98	35,77	43,60	57,56	70,00	70,00	61,39	50,24	33,62	33,91	33,92	33,92	33,92	33,92	33,92	33,92	33,92
14	33,92	33,92	33,92	33,92	33,92	33,92	35,75	38,74	38,22	35,70	43,17	56,67	69,91	70,00	62,57	51,54	34,93	35,21	35,22	35,22	35,22	35,22	35,22	35,22	35,22
15	35,22	35,22	35,22	35,22	35,22	35,22	37,10	40,42	40,43	38,00	45,53	58,79	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
16	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
17	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,72	70,00	70,00	70,00	70,00	61,52	50,38	33,80	34,11	34,13	34,13	34,13	34,13	34,13	34,13	34,13
18	34,13	34,13	34,13	34,13	34,13	34,13	36,11	38,60	36,34	32,28	38,15	48,94	59,10	69,04	60,12	48,68	31,40	31,70	31,71	31,71	31,71	31,71	31,71	31,71	31,71
19	31,71	31,71	31,71	31,71	31,71	31,71	33,82	36,88	35,87	32,66	39,09	51,43	63,51	70,00	61,53	49,63	31,97	32,25	32,26	32,26	32,26	32,26	32,26	32,26	32,26
20	32,26	32,26	32,26	32,26	32,26	32,26	34,40	37,58	37,53	35,44	43,44	57,36	70,00	70,00	61,83	49,44	31,42	31,64	31,65	31,65	31,65	31,65	31,65	31,65	31,65
21	31,65	31,65	31,65	31,65	31,65	31,65	33,85	37,78	38,43	35,63	42,40	55,10	68,15	70,00	62,68	51,98	35,52	35,83	35,85	35,85	35,85	35,85	35,85	35,85	35,85
22	35,85	35,85	35,85	35,85	35,85	35,85	38,12	42,07	42,68	41,25	49,71	63,97	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
23	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
24	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,34	64,92	70,00	70,00	70,00	70,00	59,18	44,55	25,70	25,88	25,89	25,89	25,89	25,89	25,89	25,89	25,89
25	25,89	25,89	25,89	25,89	25,89	25,89	27,70	30,25	29,14	25,80	32,20	44,54	56,59	67,27	57,92	45,11	26,79	26,95	26,96	26,96	26,96	26,96	26,96	26,96	26,96
26	26,96	26,96	26,96	26,96	26,96	26,96	29,27	33,16	33,66	31,73	39,45	53,27	66,33	70,00	60,43	47,75	30,01	30,38	30,40	30,40	30,40	30,40	30,40	30,40	30,40
27	30,40	30,40	30,40	30,40	30,40	30,40	31,86	34,13	32,43	29,72	37,09	49,57	60,70	70,00	61,27	50,21	33,44	33,78	33,79	33,79	33,79	33,79	33,79	33,79	33,79
28	33,79	33,79	33,79	33,79	33,79	33,79	36,04	39,61	39,71	37,89	45,82	59,54	70,00	70,00	61,70	49,94	32,78	33,06	33,07	33,07	33,07	33,07	33,07	33,07	33,07
29	33,07	33,07	33,07	33,07	33,07	33,07	36,04	39,76	40,28	38,35	46,41	60,49	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
30	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
31	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,95	66,82	60,17	62,49	69,84	70,00	70,00	57,46	43,69	26,40	26,80	26,83	26,83	26,83	26,83	26,83	26,83	26,83
Octobre	44,77	44,77	44,77	44,77	44,77	44,77	46,08	48,20	47,65	45,20	50,81	60,17	68,03	69,88	63,93	55,81	44,04	44,23	44,24	44,24	44,24	44,24	44,24	44,24	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	26,83	26,83	26,83	26,83	26,83	26,83	29,36	31,59	29,04	24,59	30,66	42,40	53,85	62,66	51,67	37,93	19,22	19,54	19,56	19,56	19,56	19,56	19,56	19,56	19,56
2	19,56	19,56	19,56	19,56	19,56	19,56	21,24	23,32	21,03	15,63	19,77	28,74	39,79	48,90	39,42	26,10	14,00	14,20	14,21	14,21	14,21	14,21	14,21	14,21	14,21
3	14,21	14,21	14,21	14,21	14,21	14,21	17,07	19,84	19,05	15,96	22,79	35,53	47,92	59,25	50,34	37,71	19,67	20,00	20,01	20,01	20,01	20,01	20,01	20,01	20,01
4	20,01	20,01	20,01	20,01	20,01	20,01	23,19	27,47	28,17	26,07	33,07	46,02	58,86	70,00	61,01	49,09	32,41	32,76	32,78	32,78	32,78	32,78	32,78	32,78	32,78
5	32,78	32,78	32,78	32,78	32,78	32,78	35,72	39,86	40,37	38,66	46,42	59,89	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
6	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
7	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,95	64,80	68,81	70,00	70,00	70,00	57,58	43,30	25,20	25,40	25,41	25,41	25,41	25,41	25,41	25,41	25,41
8	25,41	25,41	25,41	25,41	25,41	25,41	28,66	32,96	33,97	32,99	41,95	56,72	70,00	70,00	62,78	52,64	36,37	36,70	36,72	36,72	36,72	36,72	36,72	36,72	36,72
9	36,72	36,72	36,72	36,72	36,72	36,72	39,79	44,02	44,60	42,97	51,46	65,77	70,00	70,00	62,62	52,47	36,25	36,61	36,63	36,63	36,63	36,63	36,63	36,63	36,63
10	36,63	36,63	36,63	36,63	36,63	36,63	39,56	41,53	37,62	32,48	36,94	46,33	54,49	59,72	46,72	33,38	15,72	16,33	16,36	16,36	16,36	16,36	16,36	16,36	16,36
11	16,36	16,36	16,36	16,36	16,36	16,36	19,36	21,95	20,11	16,50	20,90	31,10	40,57	49,81	38,28	24,29	14,00	14,28	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30
12	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	17,32	21,69	22,43	18,82	24,19	36,08	47,77	57,57	64,91	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
13	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
14	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,73	70,00	70,00	70,00	70,00	61,28	50,42	33,50	34,19	34,21	34,21	34,21	34,21	34,21	34,21	34,21
15	34,21	34,21	34,21	34,21	34,21	34,21	37,49	41,87	42,58	41,14	49,45	63,67	70,00	70,00	62,43	52,34	36,41	37,25	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28
16	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	40,71	45,01	46,09	44,45	52,08	64,58	70,00	70,00	61,18	48,02	29,89	30,55	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58
17	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58	33,29	36,38	35,50	32,43	39,05	50,78	61,44	70,00	60,86	49,30	31,75	32,05	32,07	32,07	32,07	32,07	32,07	32,07	32,07
18	32,07	32,07	32,07	32,07	32,07	32,07	34,56	37,67	37,29	34,55	42,02	55,00	67,40	70,00	61,61	50,95	35,10	36,00	36,04	36,04	36,04	36,04	36,04	36,04	36,04
19	36,04	36,04	36,04	36,04	36,04	36,04	38,51	41,58	41,21	39,21	46,79	60,50	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
20	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
21	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,19	70,00	70,00	70,00	70,00	60,72	48,09	31,51	31,89	31,91	31,91	31,91	31,91	31,91	31,91	31,91
22	31,91	31,91	31,91	31,91	31,91	31,91	35,25	39,67	40,73	39,76	48,48	63,45	70,00	70,00	63,35	53,09	36,66	37,18	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20
23	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20	40,30	44,26	44,79	43,24	51,62	65,88	70,00	70,00	63,37	52,99	35,84	36,17	36,19	36,19	36,19	36,19	36,19	36,19	36,19
24	36,19	36,19	36,19	36,19	36,19	36,19	39,06	42,97	43,87	42,08	48,95	60,78	70,00	70,00	60,57	48,46	31,75	32,31	32,33	32,33	32,33	32,33	32,33	32,33	32,33
25	32,33	32,33	32,33	32,33	32,33	32,33	34,75	38,00	37,50	35,19	42,71	55,97	68,19	70,00	61,79	51,79	35,85	36,89	36,93	36,93	36,93	36,93	36,93	36,93	36,93
26	36,93	36,93	36,93	36,93	36,93	36,93	37,70	37,06	30,47	18,78	17,13	22,72	28,15	32,51	36,93	39,02	40,32	40,49	40,49	40,49	40,49	40,49	40,49	40,49	40,49
27	40,49	40,49	40,49	40,49	40,49	40,49	42,73	48,16	56,60	67,07	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
28	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,08	64,57	68,00	70,00	70,00	70,00	56,25	40,49	22,16	22,48	22,49	22,49	22,49	22,49	22,49	22,49	22,49
29	22,49	22,49	22,49	22,49	22,49	22,49	25,03	27,37	24,44	18,59	19,97	26,83	35,06	41,29	29,52	15,70	14,00	14,28	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30
30	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	17,01	20,12	18,87	15,46	22,39	35,13	47,54	58,84	50,93	39,84	21,89	22,73	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77
31	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	
lovembr	37,99	37,99	37,99	37,99	37,99	37,99	40,01	42,49	42,13	39,80	44,79	53,44	60,12	63,33	57,06	48,72	37,49	37,84	37,86	37,86	37,86	37,86	37,86	37,86	

	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	22,77	25,73	31,29	33,82	34,19	43,73	57,35	70,00	70,00	62,53	52,06	37,53	37,86	37,87	37,87	37,87	37,87	37,87	37,87	37,87
2	37,87	37,87	37,87	37,87	37,87	37,87	39,77	42,49	39,92	32,77	32,70	34,30	37,23	39,14	26,00	14,00	14,00	14,41	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43
3	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	17,52	23,27	26,04	26,34	34,15	45,28	56,56	67,16	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
4	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
5	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	67,09	60,26	63,77	70,00	70,00	70,00	59,63	49,06	35,08	36,20	36,24	36,24	36,24	36,24	36,24	36,24	36,24
6	36,24	36,24	36,24	36,24	36,24	36,24	38,89	43,60	44,73	44,49	53,84	65,03	70,00	70,00	64,03	53,60	38,72	39,35	39,38	39,38	39,38	39,38	39,38	39,38	39,38
7	39,38	39,38	39,38	39,38	39,38	39,38	42,22	47,51	49,37	49,22	58,42	70,00	70,00	70,00	66,04	58,55	45,31	46,55	46,60	46,60	46,60	46,60	46,60	46,60	46,60
8	46,60	46,60	46,60	46,60	46,60	46,60	49,61	55,07	57,24	58,02	67,78	70,00	70,00	70,00	65,31	57,79	44,71	45,04	45,05	45,05	45,05	45,05	45,05	45,05	45,05
9	45,05	45,05	45,05	45,05	45,05	45,05	48,07	52,50	53,33	52,49	60,73	70,00	70,00	70,00	63,14	53,34	38,35	38,91	38,94	38,94	38,94	38,94	38,94	38,94	38,94
10	38,94	38,94	38,94	38,94	38,94	38,94	41,88	47,30	49,75	50,33	59,55	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
11	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
12	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	68,18	70,00	70,00	70,00	70,00	62,48	51,34	35,50	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63
13	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63	36,33	36,88	34,03	28,88	31,16	37,57	48,62	57,91	48,12	36,75	22,39	23,70	23,77	23,77	23,77	23,77	23,77	23,77	23,77
14	23,77	23,77	23,77	23,77	23,77	23,77	25,85	30,30	30,06	26,52	32,74	42,23	50,35	56,82	46,44	35,03	19,01	19,24	19,25	19,25	19,25	19,25	19,25	19,25	19,25
15	19,25	19,25	19,25	19,25	19,25	19,25	21,46	26,25	26,56	23,54	29,78	40,41	51,07	61,11	54,17	44,38	29,65	30,08	30,11	30,11	30,11	30,11	30,11	30,11	30,11
16	30,11	30,11	30,11	30,11	30,11	30,11	31,38	33,71	34,13	33,72	41,66	52,81	60,53	67,84	55,87	43,65	28,02	28,66	28,70	28,70	28,70	28,70	28,70	28,70	28,70
17	28,70	28,70	28,70	28,70	28,70	28,70	30,64	34,72	35,36	30,96	34,50	40,98	47,54	53,58	61,13	68,30	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
18	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
19	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,55	70,00	70,00	70,00	70,00	65,75	58,81	46,10	47,17	47,22	47,22	47,22	47,22	47,22	47,22	47,22
20	47,22	47,22	47,22	47,22	47,22	47,22	49,11	53,55	53,47	50,67	57,00	68,11	70,00	70,00	60,33	49,00	34,18	35,51	35,57	35,57	35,57	35,57	35,57	35,57	35,57
21	35,57	35,57	35,57	35,57	35,57	35,57	37,99	42,62	43,63	41,86	48,10	58,77	69,59	70,00	64,85	56,45	39,75	40,24	40,27	40,27	40,27	40,27	40,27	40,27	40,27
22	40,27	40,27	40,27	40,27	40,27	40,27	41,31	43,62	40,32	33,07	36,82	47,49	58,31	69,34	59,52	46,23	29,93	30,14	30,15	30,15	30,15	30,15	30,15	30,15	30,15
23	30,15	30,15	30,15	30,15	30,15	30,15	30,89	32,30	30,48	25,86	29,41	36,55	44,21	52,18	42,25	27,90	14,00	14,08	14,08	14,08	14,08	14,08	14,08	14,08	14,08
24	14,08	14,08	14,08	14,08	14,08	14,08	15,76	20,46	22,36	22,69	32,88	46,86	59,15	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
25	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
26	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	69,72	70,00	70,00	70,00	70,00	64,39	55,81	43,10	44,77	44,84	44,84	44,84	44,84	44,84	44,84	44,84
27	44,84	44,84	44,84	44,84	44,84	44,84	47,06	51,48	51,96	51,29	58,60	70,00	70,00	70,00	62,77	53,14	39,53	41,15	41,22	41,22	41,22	41,22	41,22	41,22	41,22
28	41,22	41,22	41,22	41,22	41,22	41,22	43,11	47,40	48,03	47,31	56,17	68,98	70,00	70,00	65,07	57,47	44,18	45,27	45,33	45,33	45,33	45,33	45,33	45,33	45,33
29	45,33	45,33	45,33	45,33	45,33	45,33	47,35	52,39	54,45	54,99	64,34	70,00	70,00	70,00	65,96	59,00	46,61	48,39	48,47	48,47	48,47	48,47	48,47	48,47	48,47
30	48,47	48,47	48,47	48,47	48,47	48,47	50,33	54,97	57,23	57,89	67,67	70,00	70,00	70,00	64,74	56,07	42,23	43,58	43,64	43,64	43,64	43,64	43,64	43,64	43,64
31	43,64	43,64	43,64	43,64	43,64	43,64	45,15	49,48	50,54	49,78	58,52	70,00	70,00	70,00	65,65	57,54	44,35	45,24	45,29	45,29	45,29	45,29	45,29	45,29	45,29
Décembre	44,18	44,18	44,18	44,18	44,18	44,18	45,72	48,81	49,16	47,57	53,03	60,09	63,97	66,62	61,49	54,36	44,27	44,88	44,91	44,91	44,91	44,91	44,91	44,91	

Annexe 7 : Les 12 fichiers horaires de soutirage réseau

Les fichiers horaires de soutirage réseau indiquent les consommations réalisées au niveau du réseau. Nous retrouvons sur ces fichiers la quantité d'énergie électrique exprimée en kWh pour chaque heure des jours. Nous constatons qu'il y aura toujours une consommation au niveau du réseau à hauteur de la limite LR = 17 kWh.

Si l'objectif de lissage de la courbe de consommation réseau est atteint, la quantité d'énergie consommée ne devrait pas dépasser cette valeur de LR.

En fonction de la capacité du système de production et du système de stockage, nous pouvons agir sur cette valeur de LR pour lisser la courbe de charge de l'espace bâti.

Nous constatons également que durant la pause déjeuner et les week end, le soutirage au niveau du réseau est quasiment nul.

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,91	-	0,48	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	9,57
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	6,69
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,82	12,20	12,99	13,88	4,13	0,69	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	108,48
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	16,62	12,02	1,28	-	-	-	15,42	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	110,71
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	14,00	13,73	4,70	-	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	114,81
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	15,54	6,43	1,52	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,86
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	14,08	4,13	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	134,59
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	10,81	-	-	-	-	-	-	-	0,44	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	69,64
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,12
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,18	12,46	14,11	17,00	9,42	3,10	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	121,02
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	15,09	0,70	-	-	15,60	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	130,77
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	15,09	8,17	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	139,64
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	15,09	6,75	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	138,22
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	16,10	2,94	-	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	118,41
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	15,82	5,69	0,55	-	-	-	-	0,53	-	0,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	64,43
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,79	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	0,41	-	0,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,65
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,18	11,24	12,49	13,85	5,45	2,19	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	110,17
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	7,37	1,40	-	-	15,68	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	123,82
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	14,08	14,78	7,23	1,49	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	119,95
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	15,09	10,93	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	142,39
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	15,25	1,57	-	-	-	15,99	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	115,18
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	15,94	12,59	12,96	1,61	-	-	-	-	-	-	-	0,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	51,66
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,43	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,36
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,15	12,09	14,50	16,28	6,86	2,99	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	117,63
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	15,09	10,93	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	142,39
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	15,09	10,93	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	142,39
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	15,09	10,93	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	142,39
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	15,09	10,93	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	142,39
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	16,29	17,00	17,00	11,25	-	-	-	-	-	0,69	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	70,80
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,51
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,75	13,03	13,69	16,77	7,85	5,68	-	-	17,00	17,00	17,00	6,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,53
Janvier	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,91	12,47	12,81	12,84	7,40	3,03	-	-	11,34	11,52	11,63	4,38	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	**2 964,19**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	9,57	-	-	-	15,54	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	123,87
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,29	12,41	13,52	5,53	-	-	-	16,81	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	112,50
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	14,49	5,07	0,64	-	-	15,97	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	117,93
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	13,01	12,77	4,56	-	-	-	16,31	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	111,41
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	13,99	12,58	4,11	-	-	-	-	-	-	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	54,08
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,57
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,85	12,80	15,72	16,97	10,16	6,81	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	128,93
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	12,81	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	145,57
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	12,81	2,16	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	147,72
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	12,81	1,34	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	146,90
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	12,81	2,16	2,09	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,81
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	8,57	-	-	-	-	-	-	0,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	82,96
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,63
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,83	10,43	12,17	12,70	4,81	-	-	-	15,76	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,31
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	12,58	13,08	4,92	-	-	-	16,04	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	111,39
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	4,70	-	-	15,18	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,63
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	12,81	2,16	2,09	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,81
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	2,32	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	135,08
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	8,17	0,41	-	-	-	-	-	-	0,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	65,96
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,07
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,81	11,14	14,42	14,62	6,70	2,91	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	116,21
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	15,35	4,44	-	-	-	15,18	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	116,73
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	14,82	14,07	7,52	2,25	-	-	16,52	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	119,95
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	14,26	13,08	5,00	-	-	-	15,37	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	112,47
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	13,97	13,10	4,99	0,24	-	-	16,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	113,06
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	8,32	2,27	-	-	-	-	-	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	67,98
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,11	-	-	-	-	-	-	-	2,47	2,03	0,90	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	13,77
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,85	11,02	13,28	13,56	4,73	-	-	-	15,59	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	107,64
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fevrier	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	1,95	11,01	11,99	11,84	7,57	3,07	0,25	0,13	10,60	11,03	11,00	4,72	0,46	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	**2 815,95**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	11,68	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	144,45
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	9,95	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	142,71
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	13,75	3,55	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	133,06
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	15,75	5,65	1,64	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	121,80
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	16,27	5,63	0,68	-	-	-	-	-	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	62,98
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	0,49	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,27
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,95	10,75	12,43	12,75	4,63	-	-	-	16,45	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	106,57
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	16,42	6,15	1,26	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,60
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	12,81	2,16	2,09	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,81
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	12,81	2,16	2,09	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,81
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	12,81	2,16	2,09	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,81
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	9,95	-	-	-	-	-	0,17	0,49	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	84,53
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,49	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,20
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,94	12,16	13,84	13,93	5,68	1,10	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	113,27
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	7,03	-	-	-	16,26	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,06
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	10,07	4,61	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	130,44
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	9,06	3,49	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	128,32
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	4,49	-	-	-	15,78	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	119,03
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	14,48	4,23	-	-	-	-	-	-	-	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	59,13
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,91	0,07	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	9,25
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,92	11,59	13,67	15,13	8,31	3,23	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	118,47
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	8,06	2,90	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	126,72
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	7,87	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	140,63
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	16,20	2,72	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	134,69
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	6,94	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	139,70
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	17,00	12,81	0,22	0,21	-	-	1,55	0,12	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	89,32
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,18
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,94	10,63	12,50	13,03	4,60	-	-	-	16,50	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	106,82
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	14,63	5,03	-	-	-	15,84	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	117,26
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	8,43	0,66	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	124,86
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,33	14,82	17,00	17,00	8,23	3,31	-	-	17,00	17,00	17,00	7,32	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	127,30
Mars	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,22	12,45	14,30	14,14	9,30	4,09	0,22	0,21	12,48	12,61	12,69	5,44	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	**3 300,04**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	6,83	-	-	-	13,94	16,47	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	116,56
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,29	10,44	11,03	3,14	-	-	-	-	-	-	0,03	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	46,31
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,87	0,04	0,52	-	-	-	-	-	-	-	0,20	0,42	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	9,35
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,77	10,81	13,61	14,06	7,76	6,91	-	-	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	118,81
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	14,09	1,20	-	-	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	128,62
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	16,92	6,23	0,18	-	-	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	119,66
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	12,95	14,73	8,59	4,04	-	-	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	119,64
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	11,98	4,60	-	-	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	129,91
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	16,37	4,30	-	-	-	-	-	-	0,26	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	59,66
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,38
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,00	12,21	14,35	14,57	9,17	8,02	-	0,05	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	124,25
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	15,34	7,33	-	-	14,68	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	133,68
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	14,95	5,52	2,17	-	-	16,54	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	118,51
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	15,34	11,52	1,94	1,88	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	144,01
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	15,34	11,52	1,94	1,88	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	144,01
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	15,34	11,52	0,19	0,19	-	-	1,37	0,51	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	84,85
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,34
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,69	10,53	12,88	17,00	9,31	6,88	-	-	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,19
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	15,34	10,91	-	-	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	139,58
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	10,69	0,64	-	-	14,88	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,53
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	14,05	13,61	6,48	0,22	-	-	14,55	16,95	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	111,20
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	15,34	11,01	-	-	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	139,68
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	15,34	11,52	-	-	1,02	1,57	1,98	0,61	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	87,80
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,72	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	1,88	0,61	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	10,61
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,71	9,26	11,26	12,90	5,03	1,87	-	-	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,92
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	16,61	7,94	3,21	-	-	16,40	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	123,49
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	15,22	13,15	6,40	1,36	-	-	14,89	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	113,35
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	11,40	10,29	2,71	-	-	-	15,23	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	101,95
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	15,34	11,52	1,94	1,67	17,00	17,00	17,00	6,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	143,80
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,10	13,34	17,00	17,00	15,34	11,52	-	-	-	-	1,45	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	84,65
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Avril	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	1,95	10,85	13,09	13,13	8,52	4,51	0,19	0,18	11,07	11,55	11,74	4,58	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	**3 021,31**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,24
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,48	8,29	9,98	8,81	2,20	-	-	-	13,93	15,65	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	89,50
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	11,70	14,69	9,48	5,43	-	-	16,27	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	117,46
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	14,25	12,22	6,19	1,42	-	-	12,90	14,84	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	104,72
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,95	9,44	9,88	4,46	-	-	-	13,51	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	96,28
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,23	8,59	9,34	2,01	-	-	-	12,28	15,45	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	89,95
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,56	8,78	9,20	1,83	-	-	-	-	-	-	0,46	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	39,03
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,79	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	9,04
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,48	9,07	11,25	11,13	4,12	-	-	-	11,94	15,29	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	93,42
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,69	9,27	10,75	5,01	-	-	-	12,46	15,27	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	94,49
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,77	9,16	9,27	3,40	-	-	-	12,50	15,90	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	92,04
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,76	8,63	8,84	1,85	-	-	-	11,44	15,41	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	88,97
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,67	8,56	8,68	2,18	-	-	-	11,54	14,77	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	88,43
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,75	9,11	8,81	1,38	-	-	-	-	-	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	38,70
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,26
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,51	8,67	10,35	11,32	4,93	0,74	-	-	12,88	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	96,55
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,81	9,01	9,38	2,81	-	-	-	13,20	16,86	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	93,11
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	10,55	10,78	4,21	0,05	-	-	14,27	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	99,75
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	13,30	10,60	2,86	-	-	-	12,21	15,85	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	97,72
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,26	8,35	8,50	1,69	-	-	-	12,69	15,23	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	87,76
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	10,78	9,69	10,16	2,86	-	-	-	-	-	-	0,48	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	42,17
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27	0,49	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,59
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,53	8,58	9,56	9,54	2,49	-	-	-	12,59	16,34	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	89,78
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,16	8,85	9,45	3,89	0,81	-	-	16,64	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	98,84
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,84	15,01	9,41	2,69	-	-	15,62	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	118,46
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,21	13,54	8,57	5,69	-	-	17,00	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	119,90
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,88	16,07	4,26	2,51	-	-	13,80	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	112,40
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	9,88	9,87	3,17	-	-	-	-	-	0,66	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	44,11
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28	0,49	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,62
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,59	9,34	10,55	11,30	4,93	-	-	-	11,58	14,95	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	93,39
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	10,48	13,37	7,37	4,17	-	-	17,00	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	112,27
Mai	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,76	9,10	8,91	9,05	3,47	0,76	-	-	9,62	11,45	12,13	4,29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	**2 381,94**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,30	8,55	1,48	-	-	-	11,74	14,94	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	94,90
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,26	9,06	9,16	1,57	-	-	-	11,68	15,37	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	89,13
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,23	10,17	10,03	3,22	-	-	-	13,87	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	96,56
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	11,70	9,18	2,12	-	-	-	-	-	-	0,48	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	43,52
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,02	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	9,72
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	9,37	9,86	10,82	5,73	0,16	-	-	15,18	16,95	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	99,11
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,28	9,11	10,37	3,33	-	-	-	12,80	15,33	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	93,27
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,75	9,31	9,79	2,57	-	-	-	13,01	16,25	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	93,73
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,55	9,44	10,17	4,20	-	-	-	13,01	16,35	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	95,75
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,27	9,16	10,11	3,55	-	-	-	14,74	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	96,87
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	11,36	11,37	4,63	-	-	-	-	-	1,08	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	49,00
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	9,15
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	8,39	9,50	10,14	3,34	-	-	-	13,09	16,77	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	92,26
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	13,44	13,60	7,40	2,76	-	-	16,38	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	113,48
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	11,23	9,62	2,35	-	-	-	12,32	15,38	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	93,79
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,75	9,20	9,83	3,28	-	-	-	13,12	14,99	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	93,21
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,26	13,95	7,87	3,67	-	-	14,69	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	115,33
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	14,72	10,29	6,07	3,03	-	-	-	-	1,12	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	55,79
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	9,28
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	8,67	9,38	9,66	2,98	-	-	-	12,25	15,61	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	89,58
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	9,93	10,79	3,60	-	-	-	13,30	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	97,51
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	14,11	10,22	5,38	2,77	-	-	16,27	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	108,64
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	15,07	12,37	8,10	3,68	-	-	16,10	16,34	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	114,55
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	10,69	9,85	2,78	-	-	-	12,75	15,98	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	94,94
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	13,07	10,96	3,68	-	-	-	-	-	1,34	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	49,61
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,48	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,66
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	8,69	9,32	9,21	1,87	-	-	-	12,21	16,17	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	88,51
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,28	9,13	9,05	1,91	-	-	-	12,64	16,61	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	91,67
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	10,13	10,88	4,05	1,40	-	-	14,08	17,00	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	100,43
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,88	11,86	11,76	10,54	2,85	-	-	-	13,74	15,73	17,00	5,85	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	97,52
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Juin	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	1,82	9,43	9,37	8,73	3,22	0,56	-	-	9,64	11,54	12,25	4,28	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	**2 385,48**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	7,52	7,51	1,10	-	-	-	10,54	14,17	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	81,28
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	9,12	7,19	6,55	-	-	-	-	-	-	-	0,38	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	31,20
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,38	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,34
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	8,09	10,32	9,28	2,46	-	-	-	11,67	14,06	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,98
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,05	8,38	7,54	0,58	-	-	-	8,69	12,70	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	78,04
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,94	7,18	6,89	0,77	-	-	-	8,99	11,93	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	73,79
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,58	7,66	6,93	0,22	-	-	-	8,44	12,07	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	72,98
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	8,56	7,69	7,28	0,17	-	-	-	8,53	12,42	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	74,74
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	8,45	9,43	10,20	4,09	-	-	-	-	-	0,86	0,44	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	41,44
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,38	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,34
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,27	7,71	7,71	1,21	-	-	-	8,36	11,76	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	74,10
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,59	7,63	7,50	1,07	-	-	-	9,68	12,05	17,00	4,99	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	75,48
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,72	8,24	8,24	1,54	-	-	-	9,74	15,13	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	80,69
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	9,15	7,68	7,31	1,14	-	-	-	10,71	14,75	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	80,83
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,70	7,37	7,98	2,00	-	-	-	9,75	12,94	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	77,82
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,84	8,57	9,17	3,19	0,62	-	-	-	-	-	0,40	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	37,74
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,32
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	6,97	7,31	6,86	0,41	-	-	-	8,20	11,14	16,39	4,97	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	70,20
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,41	8,75	10,07	4,27	-	-	-	11,17	12,90	16,58	4,97	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	84,08
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,22	8,03	7,30	1,57	-	-	-	9,10	11,63	17,00	5,00	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	74,79
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,12	7,64	6,85	-	-	-	-	8,33	11,27	16,45	4,97	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	70,59
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,56	7,43	6,34	-	-	-	-	8,32	11,32	16,60	4,98	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	70,51
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,39	8,14	7,19	0,14	-	-	-	-	-	-	0,40	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	31,22
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,36
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,01	7,49	7,34	1,09	-	-	-	10,88	13,32	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	77,22
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	9,57	10,36	11,33	5,67	3,78	-	-	15,24	15,63	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	101,66
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,09	10,22	12,06	8,14	4,63	-	-	13,84	14,41	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	103,48
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	9,49	10,59	11,72	3,73	1,59	-	-	13,01	15,91	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	96,12
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,26	12,15	13,45	8,95	5,10	-	-	11,14	14,76	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	105,90
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	10,37	9,71	9,11	2,62	0,04	-	-	-	-	-	0,38	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	40,20
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,15
Juillet	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,03	7,11	7,09	1,81	0,51	-	-	6,91	8,91	11,48	3,56	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	**1 933,61**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,62	8,02	8,79	1,82	-	-	-	9,69	13,33	16,85	4,82	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	78,89
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	6,84	7,90	7,87	2,14	-	-	-	9,98	14,37	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	79,19
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	8,63	8,24	8,15	1,72	-	-	-	8,95	11,17	16,03	4,80	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	75,64
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,03	7,07	7,17	0,96	-	-	-	9,54	12,73	16,81	4,86	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	74,12
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	6,79	9,28	11,41	6,68	2,48	-	-	10,85	13,50	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	91,07
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	8,19	7,06	6,61	0,32	-	-	-	-	-	-	0,18	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,29
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	0,31	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,48
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	6,75	7,01	6,51	-	-	-	-	8,72	12,69	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	71,77
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,58	7,84	7,88	0,93	-	-	-	9,63	13,24	16,97	4,85	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,87
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,13	7,55	6,55	-	-	-	-	8,11	11,92	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	71,34
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	6,98	6,78	6,32	-	-	-	-	8,87	11,66	16,23	4,80	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	69,59
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	6,38	6,92	6,98	0,17	-	-	-	9,43	13,09	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	73,07
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,25	7,24	6,83	0,66	-	-	-	-	-	-	0,23	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	30,16
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,17
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,13	8,18	9,01	3,84	3,29	-	-	16,32	17,00	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	94,86
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	9,27	6,52	6,16	-	-	-	-	9,13	11,55	16,54	4,80	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	71,91
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,30	6,56	6,50	5,60	-	-	-	-	8,08	11,60	16,83	4,84	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	67,59
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,30	6,57	7,16	6,98	-	-	-	-	9,07	13,38	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	72,88
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,38	6,78	7,01	6,69	0,42	-	-	-	8,01	11,34	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	70,05
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,36	6,15	8,24	10,09	3,98	0,22	-	-	-	-	-	0,23	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	36,55
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,94
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,31	7,15	7,45	7,93	3,12	-	-	-	10,10	13,15	16,79	4,79	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	78,09
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,31	6,23	6,56	6,19	-	-	-	-	8,26	12,49	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	69,46
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	8,02	8,46	9,65	3,25	0,26	-	-	11,49	15,01	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	86,22
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,51	6,27	5,78	-	-	-	-	7,79	11,31	17,00	5,02	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	68,63
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,31	7,31	7,28	6,86	-	-	-	-	10,66	14,22	17,00	5,12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	76,06
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,66	7,23	7,26	7,06	0,24	-	-	-	-	-	-	0,20	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	29,93
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,77
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,29	6,27	7,26	7,61	1,47	-	-	-	9,70	12,90	16,69	4,81	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	74,27
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,18	6,76	7,50	6,98	0,67	-	-	-	10,13	12,81	16,76	4,78	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	73,86
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,19	7,19	9,15	10,31	4,54	0,94	-	-	15,19	14,18	16,90	4,76	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	90,63
Août	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,52	6,23	6,51	6,58	1,19	0,23	-	-	7,34	9,63	12,50	3,75	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	**1 915,34**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,42	13,34	15,74	16,81	6,98	0,75	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,11
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	12,31	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,16
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	12,97	-	-	-	-	-	0,60	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	90,62
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42	0,53	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	9,64
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,32	13,45	15,77	16,74	7,00	0,80	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,15
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	12,60	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,45
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	9,24	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	146,09
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	12,21	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,06
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	10,07	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	146,92
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	10,23	-	-	-	-	-	0,54	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	87,82
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,63	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,89
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,98	13,06	15,53	16,90	7,02	0,78	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	121,36
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	12,62	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,47
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	13,55	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	150,40
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	10,62	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	147,47
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	11,86	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	148,71
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	9,63	-	-	-	-	1,38	0,57	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	88,63
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,29	0,58	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,97
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,87	13,06	15,84	17,00	7,15	0,95	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	121,95
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	11,15	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	148,00
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	10,03	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	146,88
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	11,64	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	148,49
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	8,19	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	145,04
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	8,08	-	-	-	-	0,08	0,56	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	85,77
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	0,62	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	9,01
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,70	12,64	15,17	16,32	6,61	0,72	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	119,24
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	11,14	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	147,98
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	7,88	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	144,73
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	8,02	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	144,87
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	9,08	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	145,92
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
eptembr	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	2,46	13,63	14,03	14,22	12,64	7,33	-	-	12,06	12,06	12,14	6,38	0,50	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	**3 504,80**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	0,28	-	-	-	2,21	0,69	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	97,10
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,83	0,75	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	10,79
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,13	14,17	17,00	17,00	16,71	5,14	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	137,96
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,45
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,45
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	0,28	-	-	-	1,33	0,67	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	96,20
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,07	0,91	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39	0,63	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	10,28
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,90	14,21	17,00	17,00	17,00	10,69	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	143,62
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	1,63	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	156,07
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	-	-	0,74	0,65	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	95,30
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23	0,61	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,17
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,88	13,49	16,94	17,00	11,66	3,10	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	129,88
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,71	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	159,96
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	1,42	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	155,87
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	-	-	0,18	0,66	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	94,77
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,11	0,66	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,80
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,66	13,69	17,00	17,00	16,96	5,67	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	137,78
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,71	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	159,96
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	1,37	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	158,62
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	0,09	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,53
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	-	-	1,49	0,72	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	96,14
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83	0,61	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,76
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,19	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	153,65
Octobre	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,40	13,89	14,26	14,26	14,07	12,61	1,11	0,22	11,52	11,52	11,85	6,66	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	**3 740,08**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,71	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	159,96
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,71	17,00	17,00	23,28	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	166,25
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,71	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	159,96
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,10	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	159,34
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	-	-	0,28	0,45	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	94,65
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,31
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,07	13,07	17,00	17,00	17,00	8,87	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	140,83
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	1,57	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	156,01
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,45
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,71	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	159,96
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,71	17,00	17,00	25,40	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	168,36
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	0,28	0,27	3,49	3,17	0,19	0,49	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	101,80
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	0,16	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	6,85
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	-	12,69	16,82	17,00	11,63	3,60	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	128,54
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,45
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,45
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,07	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	159,32
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	-	-	0,60	0,33	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	94,84
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,48	0,32	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,18
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	-	13,09	16,72	17,00	12,64	4,20	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	130,46
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,45
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,45
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	0,92	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	155,36
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,25
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	0,28	0,27	3,49	3,50	3,71	0,95	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	106,13
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	1,93	2,58	3,04	-	-	-	-	-	-	-	-	0,49	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	16,79
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,32	14,92	17,00	17,00	17,00	10,96	-	-	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	144,01
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,71	17,00	17,00	33,57	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	176,53
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,99	17,00	17,00	17,00	17,00	16,65	2,80	2,71	17,00	17,00	17,00	9,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	159,96
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Novembr	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	2,29	13,86	14,33	14,36	13,94	12,70	1,09	0,76	12,29	12,28	13,25	6,85	0,50	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	**3 847,12**

RES	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	2,15	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,37
2	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	2,59	2,51	17,00	18,06	32,81	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	174,18
3	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	0,26	0,25	-	-	1,18	0,47	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	94,57
4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,56	0,14	0,49	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,49
5	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,83	13,98	17,00	17,00	17,00	13,22	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	145,11
6	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	152,21
7	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	13,01	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,86
8	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	3,52	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	140,37
9	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	11,85	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	148,70
10	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	12,54	-	-	-	-	-	0,00	0,48	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	89,57
11	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,81	0,24	0,49	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	8,87
12	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,37	12,49	16,39	17,00	11,47	5,12	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	128,90
13	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	2,59	2,51	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,30
14	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	2,59	2,51	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,30
15	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	2,59	2,51	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,30
16	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	2,59	2,51	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,30
17	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	0,26	0,25	3,22	3,23	1,13	-	0,47	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	100,47
18	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,48	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	6,61
19	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,62	12,69	15,60	17,00	8,85	2,06	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,90
20	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	152,21
21	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	2,59	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	154,80
22	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	2,59	2,51	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	157,30
23	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	2,59	2,51	17,00	17,00	19,60	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	159,90
24	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	0,26	-	-	-	-	-	0,48	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	92,64
25	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	1,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,48	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	7,36
26	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,94	12,49	15,23	17,00	8,17	2,61	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	122,52
27	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	14,66	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	151,50
28	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	15,37	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	152,21
29	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	7,34	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	144,18
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	3,91	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	140,76
31	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,77	17,00	17,00	17,00	17,00	12,86	-	-	17,00	17,00	17,00	8,78	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	149,71
Décembre	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	2,22	14,28	14,68	14,81	14,08	10,75	0,76	0,58	12,72	12,75	13,39	6,54	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	**3 839,52**

Annexe 8 : Les 12 fichiers horaires d'excédent de production d'énergie

Les fichiers horaires d'excédent de production d'énergie indiquent la quantité d'énergie électrique exprimée en kWh produite mais non consommée ni stockée pour chaque heure des jours. L'objectif d'une bonne gestion de la distribution est de ne pas avoir de l'excédent. Tendre vers cet objectif nécessite encore plus de réflexions sur les options d'optimisation au niveau des dimensionnements du système de production ou du système de stockage.

Sur notre bâtiment Master, nous constatons que durant la pause déjeuner et les week end, il aura toujours d'excédent de production d'énergie. Nous pourrions déjà éliminer ces surplus de production soit un diminuant la surface de production ou en augmentant la capacité de stockage ou en même temps les deux. Mais cela va compromettre les besoins pour les autres créneaux horaires.

Nous pourrions également envisager à étendre la distribution aux autres bâtiments du système espace bâti.

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	3,22	4,69	5,06	5,15	6,69	7,06	6,55	2,16	0,65	-	0,04	-	-	-	-	-	-	41,27
2	-	-	-	-	-	-	-	3,74	6,20	8,93	10,16	11,25	12,03	10,56	5,38	2,30	0,18	0,39	-	-	-	-	-	-	71,13
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,98	9,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,41
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,93	13,55	12,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,02
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	9,92	10,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,55
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,39	7,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,55
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,28	5,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,58
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,02	13,82	13,21	8,57	5,53	2,03	1,29	-	-	-	-	-	-	47,47
9	-	-	-	-	-	-	-	3,86	6,32	8,19	10,35	11,95	12,86	12,23	8,29	5,81	0,46	-	-	-	-	-	-	-	80,33
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,74	8,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,11
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,80	11,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,65
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,66	7,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,00
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,12	7,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,92
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75	10,29	8,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,80
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,94	7,73	2,20	0,60	-	0,47	-	-	-	-	-	-	19,95
16	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	1,96	5,92	6,86	5,16	2,67	1,09	0,38	-	0,32	-	-	-	-	-	-	24,91
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,13	7,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,37
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,97	9,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,53
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,70	9,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,31
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,24	8,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,95
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,60	13,50	12,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,46
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,82	14,82	13,81	8,76	6,15	2,45	0,68	-	-	-	-	-	-	50,50
23	-	-	-	-	-	-	-	2,48	2,95	0,88	2,30	4,23	5,23	6,61	2,32	2,41	0,76	1,34	-	-	-	-	-	-	31,52
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,02	8,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,03
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,55	2,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,26
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00	5,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,64
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,07	2,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,62
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,38	5,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,56
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	8,77	6,85	4,01	1,16	-	0,25	-	-	-	-	-	-	21,41
30	-	-	-	-	-	-	-	2,85	4,98	6,51	9,12	10,99	11,51	10,48	6,78	4,73	0,46	0,25	-	-	-	-	-	-	68,65
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,96	4,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,85
Janvier	-	-	-	-	-	-	-	0,52	0,83	1,02	1,39	2,21	8,30	8,27	1,60	0,96	0,20	0,16	-	-	-	-	-	-	**789,30**

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,88	11,77	11,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,71
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	10,29	8,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,17
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,19	9,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,81
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84	11,65	10,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,19
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,42	14,35	13,48	9,30	6,58	2,24	0,15	-	-	-	-	-	-	47,52
6	-	-	-	-	-	-	-	3,20	5,37	7,47	8,94	10,29	11,89	10,36	5,85	3,43	1,05	0,98	-	-	-	-	-	-	68,83
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,92	3,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,12
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,12	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,16
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,97
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,75	11,62	6,23	2,96	0,38	0,35	-	-	-	-	-	-	34,28
13	-	-	-	-	-	-	-	2,73	4,62	6,78	8,97	10,23	12,48	11,30	6,62	4,81	2,35	1,12	-	-	-	-	-	-	72,02
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,90	11,63	10,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,10
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,53	10,91	10,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,88
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,89	8,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,07
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,32	9,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,37
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,89	11,50	6,69	3,37	1,41	0,93	-	-	-	-	-	-	35,79
20	-	-	-	-	-	-	-	2,62	5,03	7,35	10,04	11,04	12,74	11,81	6,69	4,51	1,73	0,63	-	-	-	-	-	-	74,19
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,76	6,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,18
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,14	11,90	10,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,67
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,63	10,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,80
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	10,96	10,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,35
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,08	10,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,67
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,04	8,41	4,08	3,08	0,65	0,75	-	-	-	-	-	-	25,01
27	-	-	-	-	-	-	-	0,45	2,96	4,97	5,56	5,56	4,71	1,30	-	-	-	0,36	-	-	-	-	-	-	25,87
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45	10,60	9,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,02
29																									
30																									
31																									
Fevrier	-	-	-	-	-	-	-	0,32	0,64	0,95	1,20	1,56	8,59	8,10	1,62	1,03	0,35	0,19	-	-	-	-	-	-	**687,22**

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,08	9,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,52
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,06	8,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,29
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,87	12,15	7,41	4,47	1,37	0,66	-	-	-	-	-	-	38,94
6	-	-	-	-	-	-	-	1,49	3,47	7,01	9,76	10,67	11,69	10,48	7,12	4,51	0,79	-	-	-	-	-	-	-	66,98
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	11,17	10,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,75
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,42	9,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,49
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,06	11,38	7,35	4,51	0,18	-	-	-	-	-	-	-	35,48
13	-	-	-	-	-	-	-	1,43	4,11	5,98	7,03	8,29	7,96	6,70	4,85	3,78	0,26	-	-	-	-	-	-	-	50,40
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,46	9,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,38
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	11,02	10,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,64
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,29	8,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,94
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,37	6,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,39
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,64	12,20	11,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,08
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,90	13,50	12,41	7,99	4,35	1,01	0,23	-	-	-	-	-	-	40,40
20	-	-	-	-	-	-	-	2,53	5,25	7,07	7,81	7,56	8,89	10,08	5,61	1,61	-	-	-	-	-	-	-	-	56,40
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,57	6,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,22
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,68	7,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,72
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,12	8,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,72
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,39	5,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,93
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,58	2,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,59
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,91	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	3,37
27	-	-	-	-	-	-	-	1,69	4,28	7,73	10,34	12,06	13,72	12,47	7,59	4,98	0,65	0,01	-	-	-	-	-	-	75,54
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,99	11,68	10,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,24
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,54	10,88	11,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,42
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,21	7,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,42
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,02	8,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,83
Mars	-	-	-	-	-	-	-	0,23	0,55	0,90	1,13	1,40	7,61	7,29	1,64	0,93	0,14	0,03	-	-	-	-	-	-	**677,10**

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,82	10,87	10,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,77
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,79	13,26	12,94	8,40	5,08	0,46	-	-	-	-	-	-	-	41,93
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,52	1,54	2,25	2,81	3,52	1,25	1,77	-	-	-	-	-	-	-	-	13,66
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,44	2,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,05
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,62	6,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,49
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,35	6,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,74
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,85	7,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,08
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,57	7,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,10
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01	12,50	10,53	6,04	4,25	0,19	-	-	-	-	-	-	-	34,51
10	-	-	-	-	-	-	-	2,17	4,32	3,97	5,62	6,62	8,37	7,08	4,00	3,88	0,58	-	-	-	-	-	-	-	46,61
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,19	8,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,48
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,19	7,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,73
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74	0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	1,24
17	-	-	-	-	-	-	-	2,43	5,36	8,08	10,93	12,60	13,96	12,74	8,21	4,89	0,79	-	-	-	-	-	-	-	79,98
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,18	0,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,03
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,09	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,22
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,30	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,30
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,03	8,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,82
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,80	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,30
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,08	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,58
24	-	-	-	-	-	-	-	1,26	0,92	2,41	4,06	3,42	4,57	3,21	1,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,17
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,70	6,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,90
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,17	8,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,90
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,40	8,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,42
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,35	11,62	10,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,11
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,03	4,58	3,49	2,99	-	-	-	-	-	-	-	-	12,10
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Avril	-	-	-	-	-	-	-	0,19	0,34	0,48	0,71	1,03	5,74	5,45	1,08	0,75	0,06	-	-	-	-	-	-	-	491,32

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	2,72	5,03	7,06	9,30	10,99	12,47	12,09	8,18	4,56	0,66	-	-	-	-	-	-	-	73,06
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,55	10,26	8,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,01
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,04	2,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,92
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,01	7,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,21
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	9,67	8,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,45
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,44	10,99	9,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,26
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,86	13,33	12,35	8,00	5,02	0,78	-	-	-	-	-	-	-	42,35
8	-	-	-	-	-	-	-	2,54	3,46	4,05	5,96	8,59	10,79	8,80	3,73	2,07	-	-	-	-	-	-	-	-	49,97
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,78	9,83	10,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,69
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	9,24	8,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,93
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,04	10,16	9,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,91
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,34	11,20	10,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,68
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,46	10,37	9,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,52
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,27	13,43	11,92	6,91	3,25	0,44	-	-	-	-	-	-	-	39,22
15	-	-	-	-	-	-	-	2,99	5,48	7,52	9,34	10,99	11,63	10,57	7,32	4,88	0,71	-	-	-	-	-	-	-	71,42
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,98	9,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,11
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,09	9,95	9,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,05
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,15	6,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,09
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,29	10,47	8,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,56
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,17	10,63	9,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,00
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,27	11,30	10,26	6,39	3,15	0,21	-	-	-	-	-	-	-	32,59
22	-	-	-	-	-	-	-	2,94	5,92	8,52	10,95	12,08	12,76	11,50	7,10	3,70	-	-	-	-	-	-	-	-	75,47
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33	9,01	8,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,07
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,53	5,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,97
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,65	5,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,45
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72	1,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,04
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,43	5,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,72
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	11,12	10,27	7,13	2,56	-	-	-	-	-	-	-	-	32,38
29	-	-	-	-	-	-	-	2,81	5,70	7,53	8,90	10,31	10,69	10,69	7,17	3,78	-	-	-	-	-	-	-	-	67,58
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	9,84	10,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,97
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,02	3,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,76
Mai	-	-	-	-	-	-	-	0,45	0,83	1,12	1,43	2,52	9,50	8,62	2,00	1,06	0,09	-	-	-	-	-	-	-	**856,43**

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,97	11,42	10,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,65
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,91	11,17	10,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,56
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	9,77	8,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,80
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,91	12,17	11,25	6,63	2,95	0,17	-	-	-	-	-	-	-	35,07
5	-	-	-	-	-	-	-	2,09	5,04	6,52	9,15	10,65	12,26	10,81	6,31	3,18	-	-	-	-	-	-	-	-	66,02
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,10	6,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,32
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33	9,01	7,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,02
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,38	10,43	8,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,54
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,29	10,08	9,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,90
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	10,27	7,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,41
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	9,85	9,12	6,39	3,60	-	-	-	-	-	-	-	-	29,26
12	-	-	-	-	-	-	-	2,49	4,71	6,17	8,45	9,52	9,72	9,22	5,48	3,74	-	-	-	-	-	-	-	-	59,49
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	10,14	9,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,88
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,46	3,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,70
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,89	10,49	9,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,88
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,97	9,47	7,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,27
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,55	4,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,39
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,88	8,10	3,30	1,59	-	-	-	-	-	-	-	-	20,87
19	-	-	-	-	-	-	-	1,62	4,53	7,18	10,18	10,27	11,16	10,36	5,31	2,53	-	-	-	-	-	-	-	-	63,13
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,35	11,20	10,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,64
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,67	9,17	8,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,65
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,30	4,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,55
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,72	6,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,03
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,16	9,41	8,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,14
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,02	10,21	9,16	5,61	2,68	-	-	-	-	-	-	-	-	28,69
26	-	-	-	-	-	-	-	1,97	3,73	6,06	9,12	10,56	11,84	10,63	7,01	4,21	0,05	-	-	-	-	-	-	-	65,17
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,41	11,00	10,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,58
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,33	10,96	9,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,10
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,06	6,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,50
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57	8,82	6,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,97
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Juin	-	-	-	-	-	-	-	0,26	0,58	0,84	1,19	2,29	9,23	8,17	1,48	0,79	0,01	-	-	-	-	-	-	-	770,17

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,28	10,43	9,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,37
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	4,23	13,11	11,80	7,84	5,25	1,18	-	-	-	-	-	-	-	43,48
3	-	-	-	-	-	-	-	1,81	4,70	6,93	8,72	10,36	10,62	9,34	7,02	4,22	1,11	-	-	-	-	-	-	-	64,82
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28	6,83	5,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,42
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,97	11,87	10,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,81
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,17	10,71	10,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,07
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,88	11,61	10,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,35
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,18	11,92	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,11
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84	8,38	8,52	4,11	2,27	-	-	-	-	-	-	-	-	24,11
10	-	-	-	-	-	-	-	0,89	0,82	3,13	6,17	5,30	6,29	5,97	5,03	1,24	0,47	-	-	-	-	-	-	-	35,31
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,12	11,05	10,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,91
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,31	10,29	9,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,82
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,42	10,29	9,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,52
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,28	10,08	8,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,30
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,21	9,22	8,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,98
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,82	9,22	6,48	3,73	0,34	-	-	-	-	-	-	-	28,58
17	-	-	-	-	-	-	-	2,59	4,49	4,04	5,82	8,16	8,96	6,93	3,65	2,28	1,04	-	-	-	-	-	-	-	47,96
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,61	11,00	10,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,21
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36	9,16	9,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,83
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,23	10,43	9,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,60
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	4,22	12,08	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,48
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	4,58	12,26	11,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,47
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,26	13,04	10,95	7,01	4,89	0,24	-	-	-	-	-	-	-	40,41
24	-	-	-	-	-	-	-	2,25	4,96	7,53	9,54	11,00	11,90	10,71	7,66	4,79	0,15	-	-	-	-	-	-	-	70,50
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,66	9,47	8,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,86
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,58	2,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,33
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,74	3,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,59
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,35	4,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,07
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,49	9,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,41
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,48	8,08	5,15	3,59	0,88	-	-	-	-	-	-	-	25,18
31	-	-	-	-	-	-	-	1,88	4,69	7,32	10,67	12,59	13,73	13,02	9,15	5,95	1,73	-	-	-	-	-	-	-	80,73
Juillet	-	-	-	-	-	-	-	0,30	0,63	0,93	1,34	3,47	9,72	9,09	2,04	1,23	0,23	-	-	-	-	-	-	-	**898,58**

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,64	10,28	9,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,72
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	8,38	8,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,54
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,78	10,45	9,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,08
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,71	9,96	8,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,55
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,46	6,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,38
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,47	12,26	11,44	8,16	5,55	1,80	-	-	-	-	-	-	-	42,69
7	-	-	-	-	-	-	-	2,01	4,17	4,95	7,22	7,42	7,12	4,66	4,32	2,17	-	-	-	-	-	-	-	-	44,02
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	4,39	12,31	11,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,23
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,71	9,40	8,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,10
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	4,59	12,43	11,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,86
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	4,52	12,14	10,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,48
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,91	11,24	10,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,68
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,33	12,77	11,94	8,05	5,44	1,57	-	-	-	-	-	-	-	43,10
14	-	-	-	-	-	-	-	2,59	5,53	6,55	9,45	9,29	9,71	9,44	6,16	2,97	0,72	-	-	-	-	-	-	-	62,42
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,97	4,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,48
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	3,92	11,27	9,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,42
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,12	5,03	12,62	11,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,58
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	4,10	10,91	10,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,45
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,61	11,47	10,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,87
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,51	9,11	6,19	4,07	0,33	-	-	-	-	-	-	-	28,22
21	-	-	-	-	-	-	-	2,60	5,37	8,17	8,96	8,84	9,60	8,51	5,04	2,34	0,05	-	-	-	-	-	-	-	59,49
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,66	8,79	8,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,42
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	4,34	12,14	10,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,38
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,81	4,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,75
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	4,76	12,10	11,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,96
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	3,49	10,64	9,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,55
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,94	12,86	11,52	8,64	5,02	0,72	-	-	-	-	-	-	-	42,69
28	-	-	-	-	-	-	-	2,76	5,95	8,74	11,54	12,94	13,69	12,17	7,80	4,76	0,60	-	-	-	-	-	-	-	80,96
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,66	10,59	9,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,19
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,31	10,88	9,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,82
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,16	4,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,68
Août	-	-	-	-	-	-	-	0,32	0,68	0,92	1,30	3,74	10,29	9,45	1,75	1,04	0,19	-	-	-	-	-	-	-	**919,76**

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,11	10,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,00
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,71	10,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,45
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,76	12,56	6,92	4,35	0,22	-	-	-	-	-	-	-	37,81
4	-	-	-	-	-	-	-	2,74	5,77	8,45	11,26	12,92	14,21	12,94	7,67	4,27	-	-	-	-	-	-	-	-	80,24
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,99	11,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,05
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,06	11,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,14
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,17	10,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,08
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,60	10,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,06
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,88	10,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,50
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,33	13,19	7,55	4,10	0,27	-	-	-	-	-	-	-	39,43
11	-	-	-	-	-	-	-	2,72	5,56	8,18	11,22	12,83	14,04	12,89	7,98	4,79	0,26	-	-	-	-	-	-	-	80,47
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,04	10,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,93
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,03	10,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,54
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,66	10,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,35
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,50	10,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,18
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,96	10,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,68
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,16	13,05	7,89	3,68	-	-	-	-	-	-	-	-	38,78
18	-	-	-	-	-	-	-	2,79	5,80	8,44	11,13	13,01	13,97	12,41	7,03	3,84	-	-	-	-	-	-	-	-	78,42
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,73	10,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,54
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,85	10,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,63
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,80	10,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,64
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,85	10,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,65
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,94	10,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,69
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,48	13,07	7,73	4,39	-	-	-	-	-	-	-	-	39,67
25	-	-	-	-	-	-	-	3,15	6,15	8,77	11,54	13,24	14,11	12,46	7,23	3,83	-	-	-	-	-	-	-	-	80,49
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,79	10,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,11
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,88	10,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,79
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,86	10,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,42
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,85	10,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,47
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,85	10,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,99
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
eptembr	-	-	-	-	-	-	-	0,37	0,75	1,09	1,46	1,68	12,07	10,92	1,94	1,07	0,02	-	-	-	-	-	-	-	**972,21**

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,27	3,87	1,13	-	-	-	-	-	-	-	-	13,27
2	-	-	-	-	-	-	-	0,43	1,08	3,13	5,84	7,73	10,09	10,17	5,07	1,39	-	-	-	-	-	-	-	-	44,93
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,21	7,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,56
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,74
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,65
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,41	9,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,38
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,62	10,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,18
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,18	5,19	0,73	-	-	-	-	-	-	-	-	14,10
9	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61	2,08	3,22	4,90	6,02	7,23	4,64	2,92	-	-	-	-	-	-	-	-	31,63
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,93	6,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,95
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,77
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,04
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,21
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,51	11,85	6,41	3,10	-	-	-	-	-	-	-	-	22,87
16	-	-	-	-	-	-	-	3,35	5,61	8,04	10,62	11,87	13,14	11,76	5,72	3,38	-	-	-	-	-	-	-	-	73,50
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,33	8,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,32
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,92
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,05
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,49	11,95	6,75	3,50	-	-	-	-	-	-	-	-	29,69
23	-	-	-	-	-	-	-	3,96	6,20	8,18	10,86	12,26	13,06	11,36	5,54	2,12	-	-	-	-	-	-	-	-	73,54
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,99	5,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,81
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,03
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,23
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,93	12,08	6,36	3,05	-	-	-	-	-	-	-	-	25,42
30	-	-	-	-	-	-	-	4,31	6,46	7,88	9,94	10,90	11,67	10,64	6,50	3,58	-	-	-	-	-	-	-	-	71,88
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,08	3,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,43
Octobre	-	-	-	-	-	-	-	0,39	0,64	0,95	1,31	1,54	3,47	7,55	1,81	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	**571,84**

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,96	11,87	6,16	2,56	-	-	-	-	-	-	-	-	23,56
6	-	-	-	-	-	-	-	3,26	5,21	7,27	9,60	10,93	12,63	11,86	7,17	4,05	0,02	-	-	-	-	-	-	-	72,00
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,36	4,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,09
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,50
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,03	10,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,24
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	4,16	6,24	6,74	8,98	10,10	10,71	10,55	5,37	4,13	-	-	-	-	-	-	-	-	66,99
14	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-	-	-	-	9,70	9,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,24
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,95	9,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,67
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,81	8,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,14
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,74
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,90	12,25	6,58	4,05	-	-	-	-	-	-	-	-	26,78
20	-	-	-	-	-	-	-	3,63	5,69	7,60	10,41	11,71	12,91	11,45	6,35	3,59	-	-	-	-	-	-	-	-	73,35
21	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	9,23	7,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,02
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,36	10,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,86
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,97	10,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,12
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,41
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,25
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,14	10,86	11,91	11,01	6,54	4,89	0,82	0,12	-	-	-	-	-	-	52,30
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,33	2,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,67
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Novembr	-	-	-	-	-	-	0,01	0,36	0,55	0,70	1,13	1,41	3,70	5,55	1,23	0,75	0,03	0,00	-	-	-	-	-	-	**477,93**

EXC	00h-01h	01h-02h	02h-03h	03h-04h	04h-05h	05h-06h	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-23h	23h-00h	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,26
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	2,40	-	-	-	-	-	-	-	-	3,74
4	-	-	-	-	-	-	-	2,06	2,88	5,22	7,81	8,78	10,06	9,80	3,70	1,89	-	-	-	-	-	-	-	-	52,19
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,03	4,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,59
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,64	9,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,84
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,33	10,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,85
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,45	10,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,95
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,44	9,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,01
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,00	11,90	7,33	4,65	0,67	-	-	-	-	-	-	-	37,56
11	-	-	-	-	-	-	-	2,49	4,41	7,34	9,28	10,74	8,95	8,16	3,28	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	55,34
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,41	6,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,07
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51	-	-	-	-	-	-	0,51
18	-	-	-	-	-	-	-	4,06	5,96	7,76	10,19	11,62	13,23	12,66	7,34	4,19	0,23	0,02	-	-	-	-	-	-	77,25
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,28	9,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,93
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,76	5,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,58
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,66
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28	6,44	5,03	0,90	0,08	-	-	-	-	-	-	12,72
25	-	-	-	-	-	-	-	3,93	6,29	8,74	11,38	12,80	13,67	12,63	8,10	5,45	1,23	-	-	-	-	-	-	-	84,24
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,76	8,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,66
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,93	8,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,09
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,72	8,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,48
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,20	10,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,68
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,83	10,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,10
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,87	9,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,80
Décembre	-	-	-	-	-	-	-	0,40	0,63	0,94	1,25	1,42	5,99	6,27	1,21	0,78	0,10	0,02	-	-	-	-	-	-	**589,11**

Annexe 9 : Programme Arduino

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 9, 8, 7);
//#include <Wire.h> // Includes the Wire library for I2C communication
//#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Includes the LiquidCrystal_I2C library
//LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

int ContacteurRES=2;
int ContacteurSP=3;
int ContacteurSTO=4;
int ContacteurEXC=5;
int ContacteurCHARG=6;

int SC_brute;
int SP_brute;
int STO_brute;
int RES_brute;

float SC;
float S_P;
float STO;
float RES;

float LH = 4;
float LB = 2;

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
        lcd.begin(16, 2);
        lcd.home ();
        //lcd.print(" SLAP3.1 by ytf");
        //delay(3000);
        // initialize digital pin 13 as an output.
        Serial.begin(9600);
        pinMode(ContacteurRES, OUTPUT);
        pinMode(ContacteurSP, OUTPUT);
        pinMode(ContacteurSTO, OUTPUT);
        pinMode(ContacteurEXC, OUTPUT);
        pinMode(ContacteurCHARG, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever

void loop() {
int SC_brute = analogRead(A0);
delay(10);
int SP_brute = analogRead(A1);
delay(10);
int STO_brute = analogRead(A2);
//int RES_brute = analogRead(A3);

float SC = ((SC_brute*5.0)/1023.0);
float S_P = ((SP_brute*5.0)/1023.0);
float STO = ((STO_brute*5.0)/1023.0);
float RES = ((RES_brute*5.0)/1023.0);

float D = S_P - SC;


// scenario avec stockage
```

```
lcd.print("D=");
lcd.print(D);
lcd.print("STO=");
lcd.print(STO);
delay(300);
lcd.clear();

if(D>0 ){ // si SP supérieur à SC
if(STO<=LH){// si la batterie n'est pas encore pleine
	interrupteur(0,1,0,0,1);//interrupteur(RES, S_P, STO, EXC, CHARG)
		}
		else if(STO>LH){// si la batterie est encore pleinne -> EXCEDENT
			interrupteur(0,1,0,1,0);//interrupteur(RES, S_P, STO, EXC, CHARG)
		}
	}
if(D<=0 ){ // si SP supérieur à SC
	if(STO>=LB){// si la limite basse n est pas encore atteinte
		interrupteur(0,1,1,0,0);//interrupteur(RES, S_P, STO, EXC, CHARG)
		}
	else if(STO<LB){//si la limite basse est atteinte
		interrupteur(1,0,0,0,0);//interrupteur(RES, S_P, STO, EXC, CHARG)
		}
	}
}// fin boucle pple

float CAN(){
int SC_brute = analogRead(A0);
int SP_brute = analogRead(A1);
int STO_brute = analogRead(A2);
int RES_brute = analogRead(A3);

float SC = ((SC_brute*5.0)/1023.0);
float S_P = ((SP_brute*5.0)/1023.0);
float STO = ((STO_brute*5.0)/1023.0);
float RES = ((RES_brute*5.0)/1023.0);

return(SC,S_P,STO,RES);
}

void interrupteur(int RES,int S_P, int STO, int EXC, int CHARG){
	digitalWrite(ContacteurRES, RES);
	digitalWrite(ContacteurSP, S_P);
	digitalWrite(ContacteurSTO, STO);
	digitalWrite(ContacteurEXC, EXC);
	digitalWrite(ContacteurCHARG, CHARG);
}
```

UNIVERSITÉ DE LA RÉUNION

Pôle Recherche
Ecoles doctorales

LETTRE D'ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

Je, soussigné(e) RANJARANIMARO Manitra Pierrot en ma qualité de doctorant(e) de l'Université de La Réunion, déclare être conscient(e) que le plagiat est un acte délictueux passible de sanctions disciplinaires. Aussi, dans le respect de la propriété intellectuelle et du droit d'auteur, je m'engage à systématiquement citer mes sources, quelle qu'en soit la forme (textes, images, audiovisuel, internet), dans le cadre de la rédaction de ma thèse et de toute autre production scientifique, sachant que l'établissement est susceptible de soumettre le texte de ma thèse à un logiciel anti-plagiat.

Fait à Saint-Denis le : 11/12/2018

Signature :

Extrait du Règlement intérieur de l'Université de La Réunion
(validé par le Conseil d'Administration en date du 11 décembre 2014)

Article 9. Protection de la propriété intellectuelle – Faux et usage de faux, contrefaçon, plagiat

L'utilisation des ressources informatiques de l'Université implique le respect de ses droits de propriété intellectuelle ainsi que ceux de ses partenaires et plus généralement, de tous tiers titulaires de tes droits.
En conséquence, chaque utilisateur doit :
- utiliser les logiciels dans les conditions de licences souscrites ;
- ne pas reproduire, copier, diffuser, modifier ou utiliser des logiciels, bases de données, pages Web, textes, images, photographies ou autres créations protégées par le droit d'auteur ou un droit privatif, sans avoir obtenu préalablement l'autorisation des titulaires de ces droits.

La contrefaçon et le faux
Conformément aux dispositions du code de la propriété intellectuelle, toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle d'une œuvre de l'esprit faite ans le consentement de son auteur est illicite et constitue un délit pénal.
L'article 444-1 du code pénal dispose : « Constitue un faux toute altération frauduleuse de la vérité, de nature à cause un préjudice et accomplie par quelque moyen que ce soit, dans un écrit ou tout autre support d'expression de la pensée qui a pour objet ou qui peut avoir pour effet d'établir la preuve d'un droit ou d'un fait ayant des conséquences juridiques ».
L'article L335_3 du code de la propriété intellectuelle précise que : « Est également un délit de contrefaçon toute reproduction, représentation ou diffusion, par quelque moyen que ce soit, d'une œuvre de l'esprit en violation des droits de l'auteur, tels qu'ils sont définis et réglementés par la loi. Est également un délit de contrefaçon la violation de l'un des droits de l'auteur d'un logiciel (…) ».

Le plagiat est constitué par la copie, totale ou partielle d'un travail réalisé par autrui, lorsque la source empruntée n'est pas citée, quel que soit le moyen utilisé. Le plagiat constitue une violation du droit d'auteur (au sens des articles L 335-2 et L 335-3 du code de la propriété intellectuelle). Il peut être assimilé à un délit de contrefaçon. C'est aussi une faute disciplinaire, susceptible d'entraîner une sanction.
Les sources et les références utilisées dans le cadre des travaux (préparations, devoirs, mémoires, thèses, rapports de stage…) doivent être clairement citées. Des citations intégrales peuvent figurer dans les documents rendus, si elles sont assorties de leur référence (nom d'auteur, publication, date, éditeur…) et identifiées comme telles par des guillemets ou des italiques.

Les délits de contrefaçon, de plagiat et d'usage de faux peuvent donner lieu à une sanction disciplinaire indépendante de la mise en œuvre de poursuites pénales.