

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



JNES 2021

Création d'un outil d'optimisation multi-période pour améliorer l'intégration du solaire dans les réseaux de chaleur

Directeur de thèse :

Jean-Michel Reneaume

Encadrants :

Sylvain Serra

Sabine Sochard



Régis DELUBAC
Doctorant LaTEP, UPPA, Pau

26 août 2021



LaTEP
FÉDÉRATION IPRA FR CNRS 2952

Introduction

- I. Contexte et ambitions de la thèse
- II. Détail sur le modèle mis en place
- III. Résultats obtenus
- IV. Autres études et travail en cours

I. Contexte et ambitions de la thèse

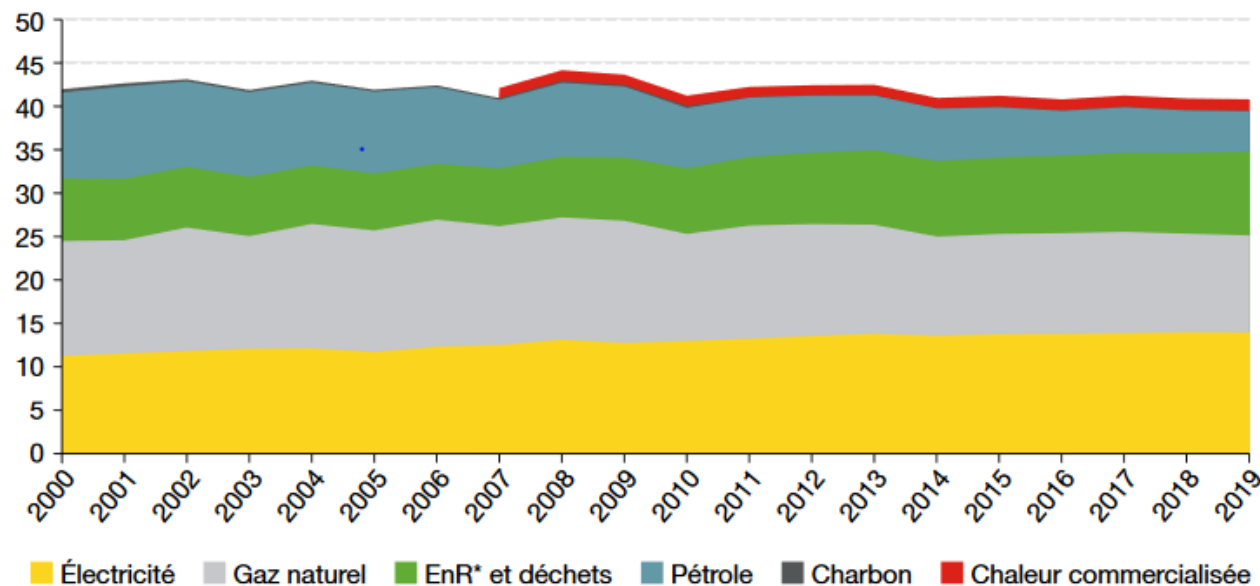
Rapport du GIEC 2021 : Le réchauffement climatique est accéléré par l'activité humaine et ce réchauffement est plus rapide que les estimations faites lors des accords de Paris en 2015 (1,5 °C en 2030)

électricité 34 %
gaz naturel 27 %
énergies renouvelables 24 %
pétrole 11 %

Chiffres clé de l'énergie édition 2020

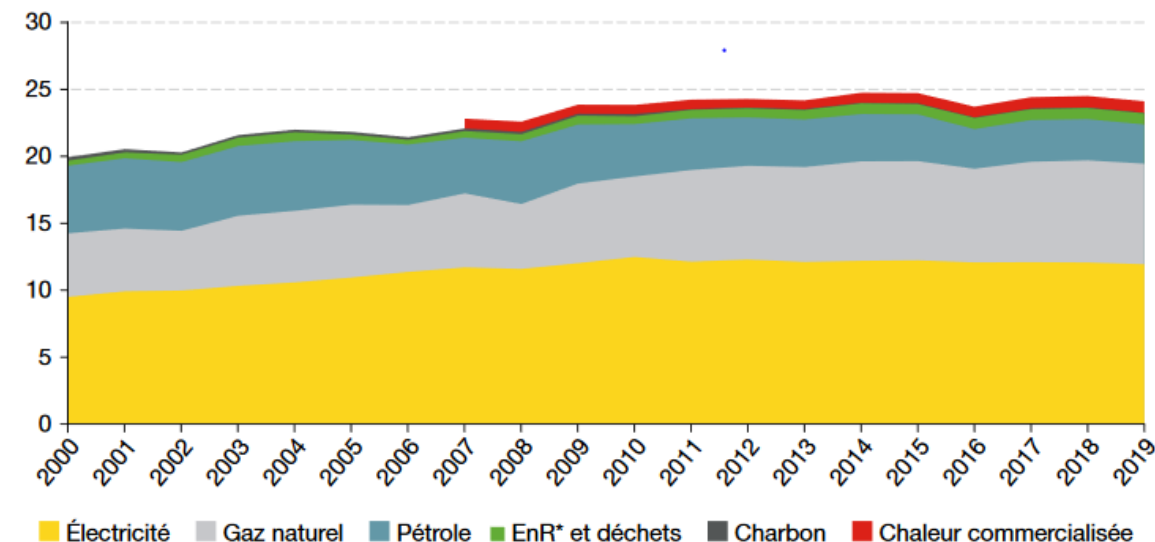
RÉSIDENTIEL : 41 Mtep en 2019 (corrigées des variations climatiques)

En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



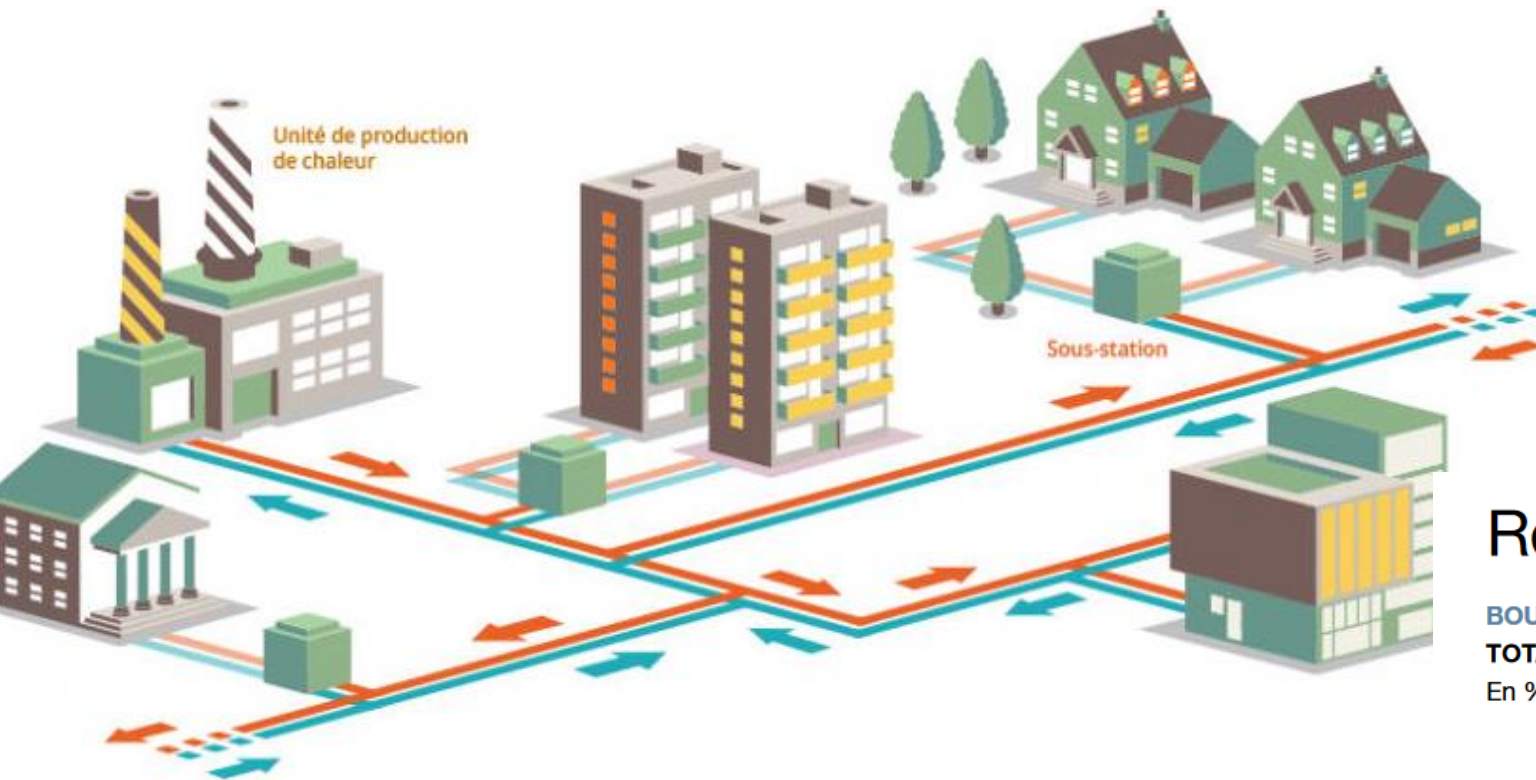
TERTIAIRE : 24 Mtep en 2019 (corrigées des variations climatiques)

En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



électricité 49 %
gaz naturel 31 %
produits pétroliers 12 %
énergies renouvelables 3 %
chaleur commercialisée via des réseaux 4 %

I. Contexte et ambitions de la thèse



Réseaux de chaleur

BOUQUET ÉNERGÉTIQUE DES RÉSEAUX DE CHALEUR EN 2018

TOTAL : 34 TWh d'énergie consommée pour produire de la chaleur en 2018

En %

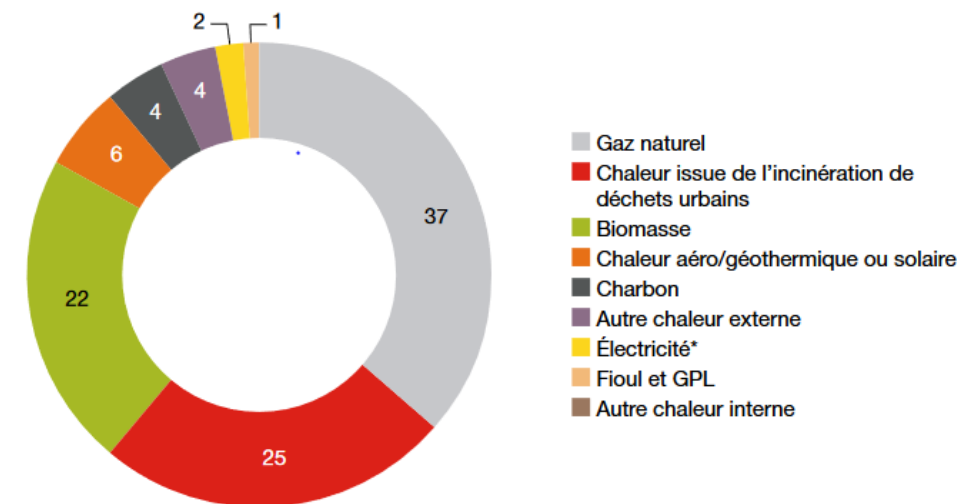


Schéma de principe d'un réseau de chaleur (source ADEME).

I. Contexte et ambition de la thèse

Création d'un outil d'optimisation permettant d'étudier l'intégration du solaire dans les réseaux de chaleur

TECSOL

sermet

newHeat

solar heat generation for industrial applications

Objectif :

- Optimiser le dimensionnement et l'exploitation des réseaux de chaleur solaire
- Développer le solaire thermique en France

Contraintes :

Temps de calcul courts, outil gratuit (interface, solveur d'optimisation)

Utilisation :

Bureaux d'études, collectivités, entreprises ...

**Précision des
résultats**

Gratuité

Rapidité

II. Détail sur le modèle mis en place

Système considéré, données, type de modélisation, variables

Variables de fonctionnement $f(t)$:
Débits,
Températures,
Puissances.

Champ solaire :
Utilisation de l'équation
de la Norme EN12975

Données météo $f(t)$:
Coefficients norme
des panneaux solaires

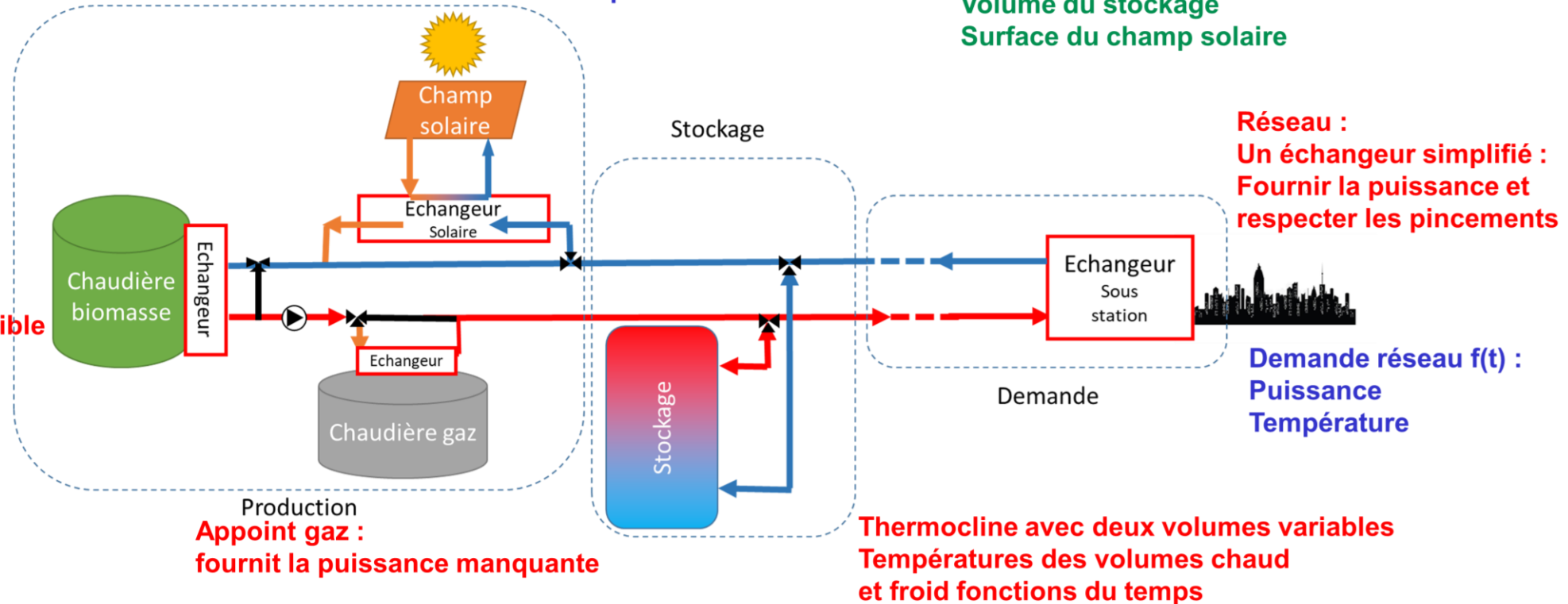
Variables de dimensionnement :
Puissances max des chaudières
Volume du stockage
Surface du champ solaire

Chaudière biomasse :
Inertie thermique importante

**Fonctionnement inférieur à
30% de la puissance max impossible**

Variables de coût :
CapEx et OpEx

Données économiques :
Paramètres des fonctions coût
fournies par les industriels



III. Résultats obtenus

Cas d'étude : Réseau de chaleur basse température ($T_{\min} = 60^{\circ}\text{C}$) situé dans le sud de la France :
3 jours caractéristiques déterminés (hiver, mi-saison, été) et optimisation du dimensionnement et de l'exploitation sur ces 3 jours.

- ➔ Nombre de périodes : 96 (pas de temps horaire avec le jour de mi-saison répété 2 fois))
- ➔ Fonction objectif : Minimisation des coûts totaux (OPEX (exploitation) + CAPEX (investissement)) sur une durée estimée de 20 ans d'exploitation
- ➔ Stockage inter-saisonnier

III. Résultats obtenus

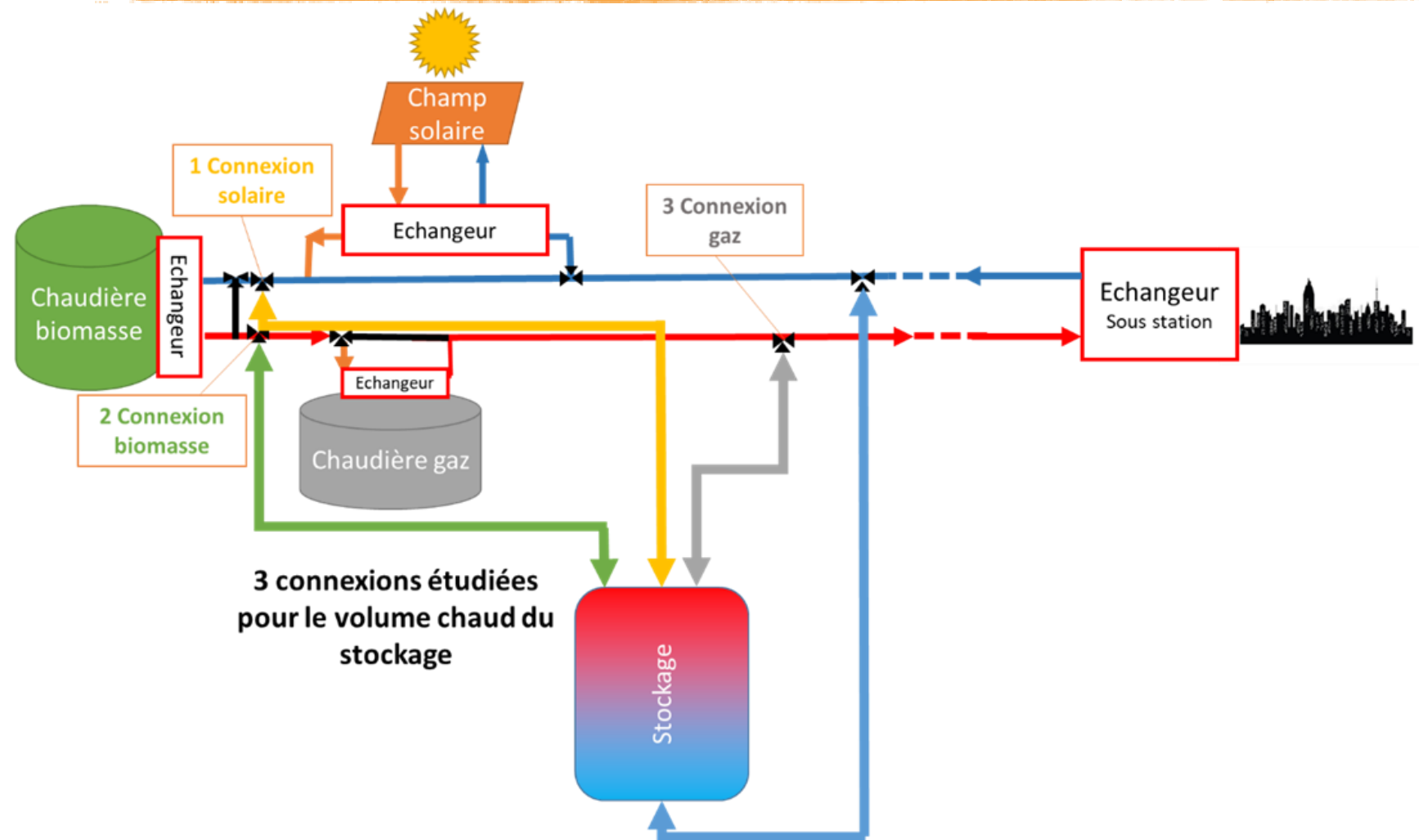
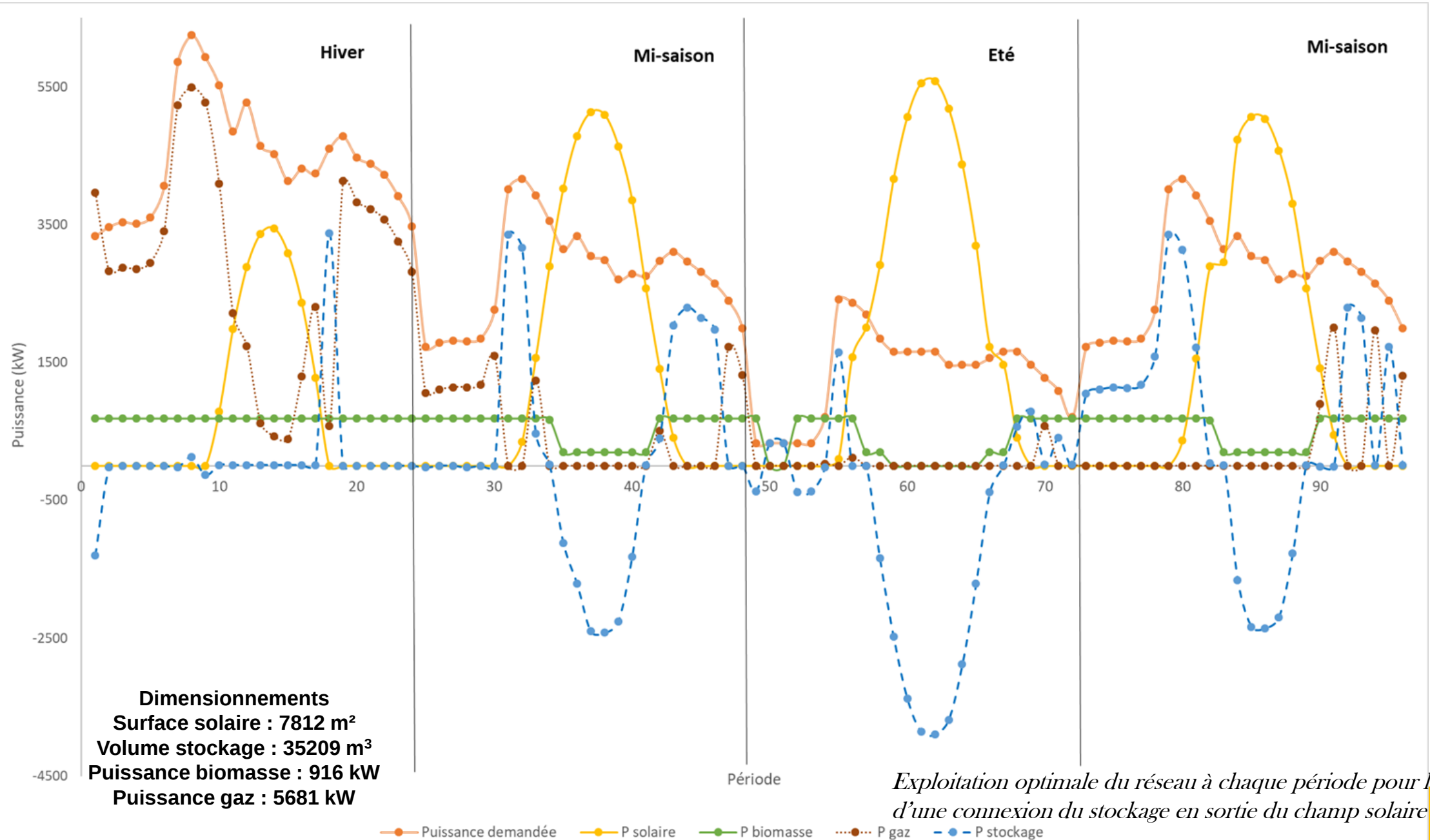
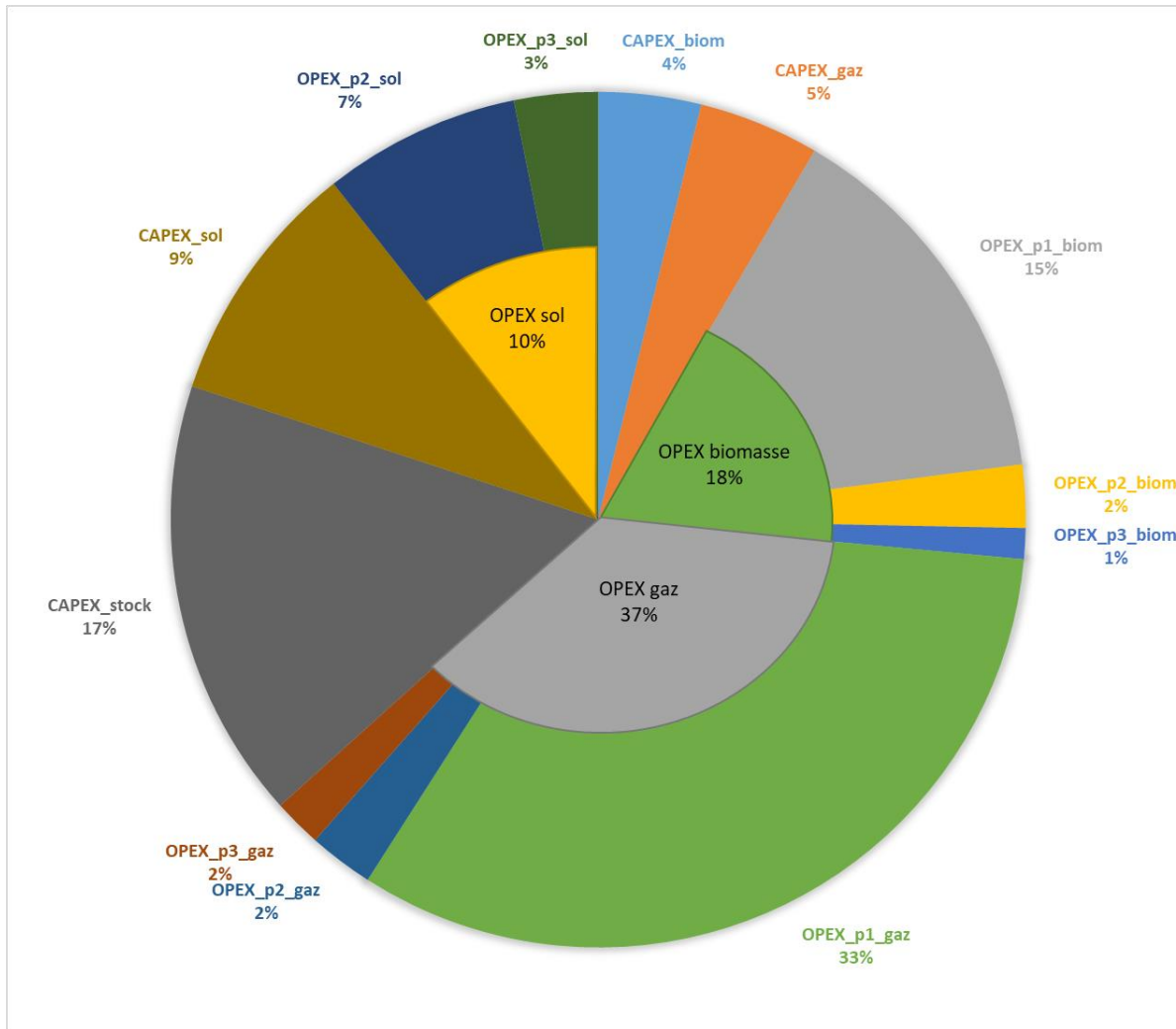


Schéma de l'étude comparant les différentes connexions de la zone chaude du stockage

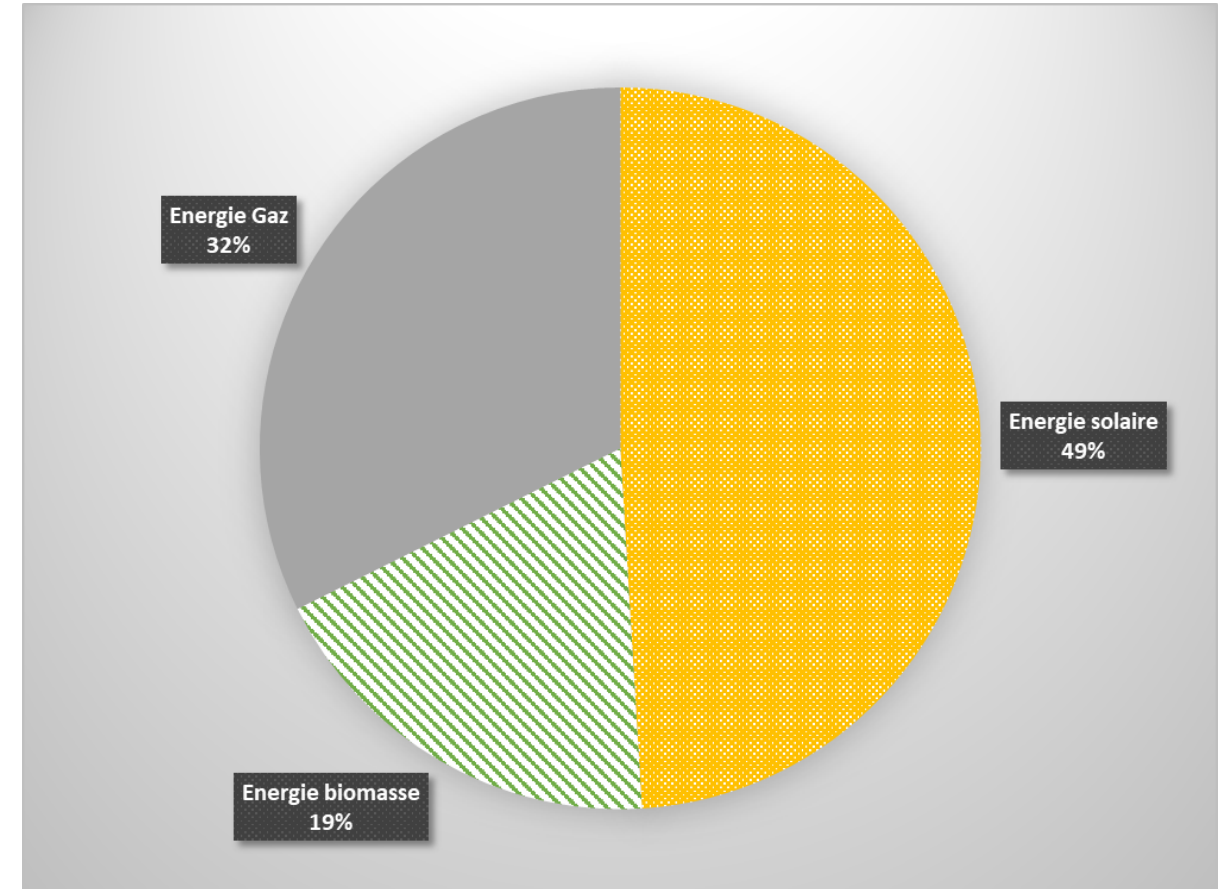
III. Résultats obtenus



III. Résultats obtenus



Répartition des coûts engagés sur la durée de vie de l'installation pour le cas d'une connexion du stockage en sortie du champ solaire



Répartition des énergies fournies sur la durée de vie de l'installation pour le cas d'une connexion du stockage en sortie du champ solaire

IV. Autres études réalisées et travail en cours

Autres études réalisées :

- Sensibilité sur la durée de vie de l'installation
- Sensibilité au taux d'énergies renouvelables
- Réseau utilisant un stockage journalier

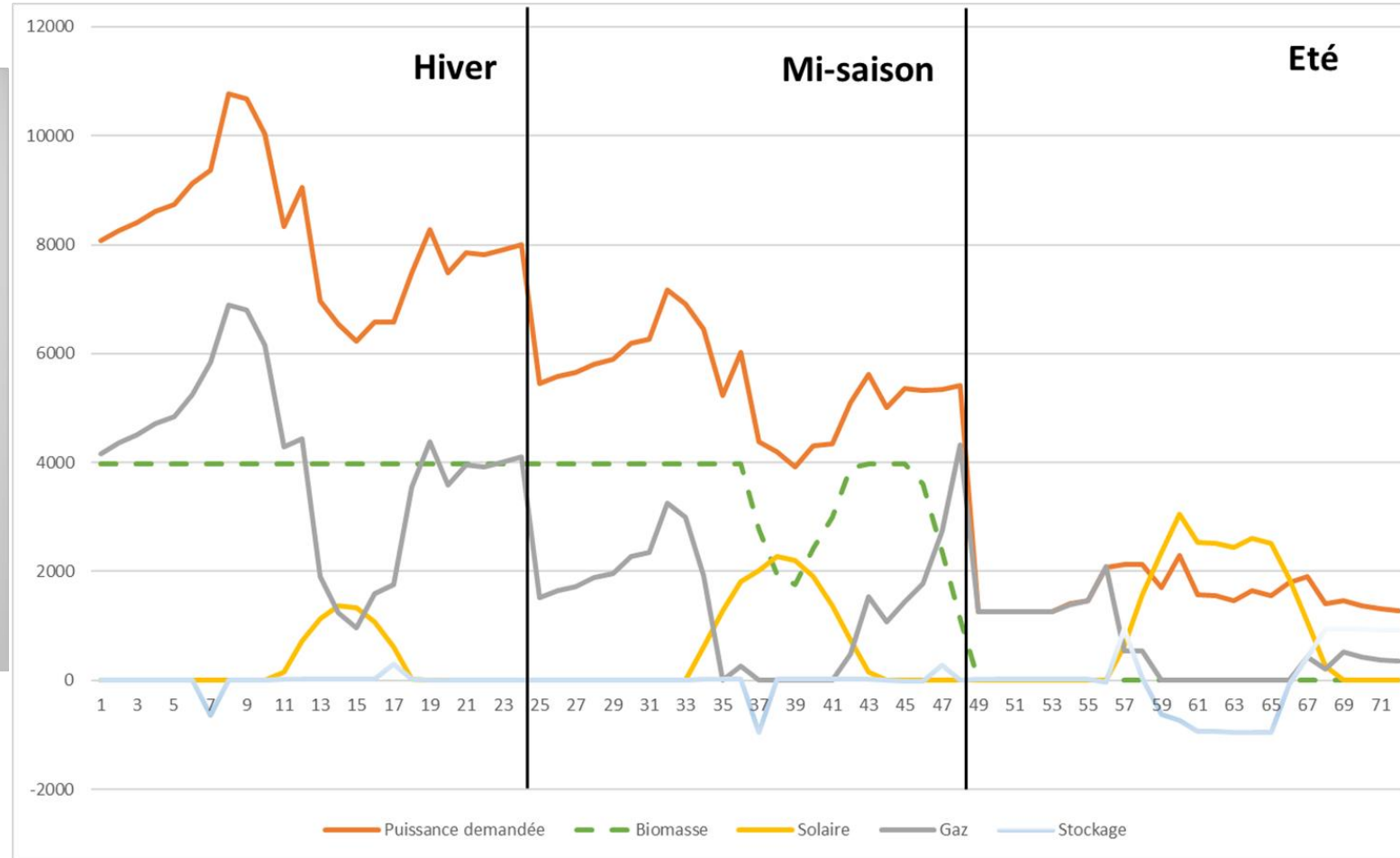
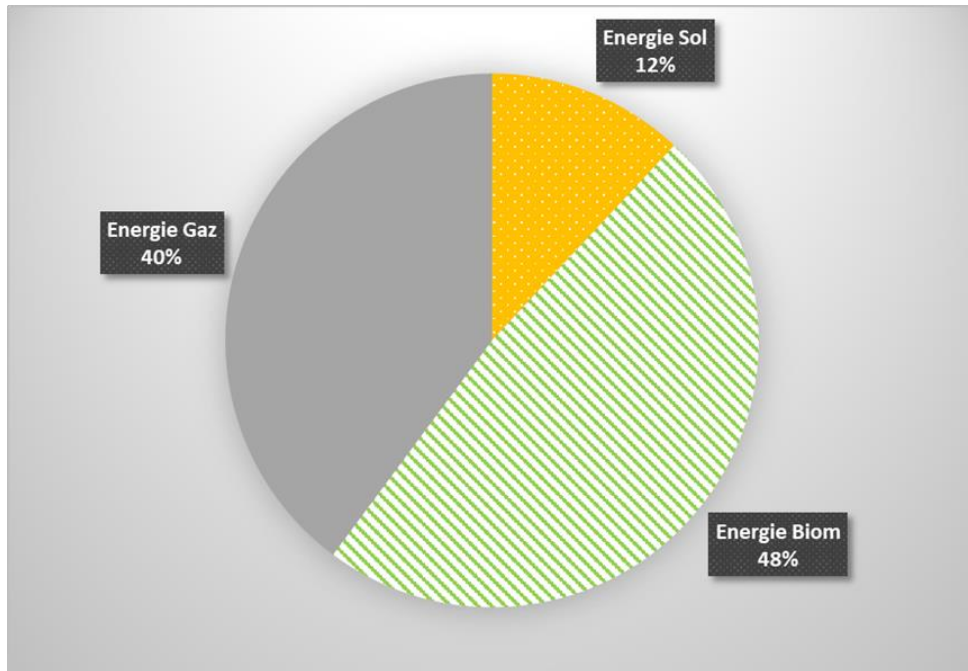
Conclusion principale : Pour chaque configuration, le solaire thermique a toujours une pertinence à être utilisé.

Travail en cours :

- Préparation d'un guide d'utilisation pour diffusion de l'outil
- Publication d'un article
- Soutenance de thèse théorique : 13 octobre 14h

IV. Autres études réalisées et travail en cours

Autre application : Stockage journalier + $T_{\min} > 80^{\circ}\text{C}$



Merci de votre attention

Régis Delubac

regis.delubac@univ-pau.fr



II. Détail sur le modèle mis en place

Etape 1 : Réseau complet avec stockage simplifié

Initialisation du stockage avec les résultats du stockage simplifié de l'étape 1

Initialisation de toutes les variables (sauf stockage) avec les résultats optimisés de l'étape 1

Etape 2 : Stockage seul

L'étape 2 dimensionne un stockage pouvant fournir les puissances $P_{stock\ i}$ calculées à l'étape 1

Initialisation du stockage avec les résultats optimisés de l'étape 2

Etape 3 : Modèle Complet

$n = 0$

3a
Perturbation aléatoire de l'initialisation de toutes les variables

Recherche de l'optimum global

Solution optimale de l'approche 3a

3b
Perturbation aléatoire de l'initialisation de la biomasse, la taille du champ solaire et de la puissance maximale du stockage

Recherche de l'optimum global

Solution optimale de l'approche 3b

3c
Bornes aléatoires pour la puissance maximale de la biomasse, la taille du champ solaire et de la puissance maximale de stockage

Recherche de l'optimum global

Solution optimale de l'approche 3c

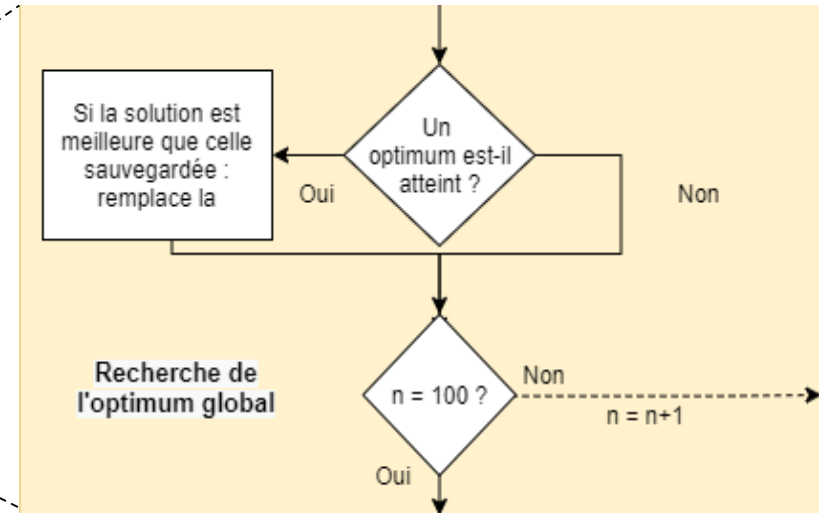
3d
Perturbation aléatoire de l'initialisation et des bornes de la biomasse, la taille du champ solaire et de la puissance maximale du stockage

Recherche de l'optimum global

Solution optimale de l'approche 3d

Sélection du meilleur optimum obtenu parmi (3a, 3b, 3c et 3d)

Solution optimale



III. Résultats obtenus

