

Gestion de l'énergie et optimisation du système multisources basée sur l'algorithme génétique

Moataz Elsied^{1,2}, Amrane Oukaour¹, Hamid Gualous¹, Radwan Hassan², Amr Amin²

¹Laboratoire LUSAC, Université Caen Basse Normandie, France

² Faculty of Engineering, Helwan University, Egypt

RESUME - Le concept de l'intégration des ressources énergétiques distribuées (DER) et de systèmes de stockage d'énergie (ESS) dans un micro-réseau moderne (MG) sera considéré comme la préoccupation principale dans un avenir proche. Le micro-réseau peut fonctionner en mode connecté au réseau principal, ou en mode isolé. Le fonctionnement simultané du micro-réseau, du réseau principal et de la charge dont les besoins sont variables, est contrôlé en utilisant le système de gestion d'énergie (EMS). Le rôle principal du système de gestion est de déterminer de manière autonome, heure par heure, la quantité d'énergie optimale qui sera fournie par le micro-réseau et le réseau principal pour satisfaire la demande en termes de besoins énergétique de la charge. Ce papier est axé sur l'élaboration d'un modèle EMS en mesure de déterminer les stratégies optimales de fonctionnement pour minimiser les coûts de l'énergie, permettre la réduction des émissions polluantes et une meilleure utilisation des ressources en énergie renouvelables telles que le vent et l'énergie solaire. Le modèle d'optimisation proposé pour le MG-EMS est formulé en utilisant les algorithmes génétiques.

Mots-clés—cogénération, les micro-réseaux, les ressources d'énergie distribuée, système de stockage d'énergie, système de gestion de l'énergie.

1. INTRODUCTION

L'intégration des ressources énergétiques distribuées, des systèmes de stockage, des charges électriques distribuées et du réseau de distribution principal à travers le point de couplage commun est appelée micro-réseau [1].

Ces dernières années, on accorde un grand intérêt à l'idée d'utiliser les micro-réseaux dans la distribution d'énergie électrique, et donc, ces derniers sont décrits comme étant des réseaux flexibles, intelligents ou avec un grand potentiel pour promouvoir et à accroître l'intégration des sources à énergie renouvelable. Dans le même temps, ils sont capables d'améliorer la fiabilité, l'efficacité et la sécurité du système.

Dans la dernière décennie, les ressources énergétiques distribuées gagnent une grande importance dans le schéma de la production et de la distribution d'énergie à l'échelle mondiale pour des raisons environnementales. Ceci se manifeste à travers la réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'amélioration de la qualité d'énergie, la meilleure efficacité du système et la fiabilité du service. Les ressources énergétiques distribuées permettant aux consommateurs d'avoir

une échelle d'utilisation de l'énergie flexibles et le système d'alimentation doit être transformé en petits systèmes intégrés d'énergie distribués [2-3].

Les ressources énergétiques distribuées sont constituées également de différents types de sources d'énergie telles que la cogénération (CHP), les piles à combustible (FC), le photovoltaïque (PV), les petites éoliennes (WTs).

Les sources de cogénération et les piles à combustible représentent une part importante des ressources distribuées, où l'unité de production est placée dans un environnement proche des utilisateurs. Les systèmes de cogénération et les piles à combustibles peuvent potentiellement réduire les coûts de production, les émissions domestiques, commerciales, et la consommation d'énergie primaire associée à la production d'énergie [4].

Ces réductions sont dues principalement à la capacité d'un système de récupérer la chaleur perdue pour satisfaire la demande d'un utilisateur en termes d'énergie thermique. De ce fait, ces systèmes permettent une meilleure gestion d'énergie du combustible pour répondre aux besoins simultanés d'énergie électrique et thermique des utilisateurs [5]-[6].

Les énergies photovoltaïques et éoliennes, sont propres, inépuisables et respectueuses de l'environnement [7]-[8]. Ces types de ressources énergétiques affectées par les variations saisonnières et périodiques ne peuvent être considérés comme un apport continu d'énergie. Par conséquent, afin de satisfaire la demande des utilisateurs, les sources photovoltaïques et éoliennes sont couplées aux moteurs de cogénération, la pile à combustibles et le stockage par batterie d'accumulateurs.

La stratégie de gestion d'énergie en micro-réseau se résume en une utilisation judicieuse et efficace de l'énergie afin de maximiser les profits (minimiser les coûts) et d'améliorer la position concurrentielle. La gestion des unités nécessite un modèle économique précis pour décrire le coût d'exploitation en tenant compte de la puissance de sortie produite. Un tel modèle est naturellement discret et non linéaire, par conséquent, des outils d'optimisation sont nécessaires pour réduire les coûts d'exploitation à un niveau minimum [9]-[12]. La gestion de l'unité MG nécessite un algorithme précis pour identifier la fonction coût d'exploitation et d'émission en tenant compte de la demande d'énergie du consommateur. Les outils d'optimisation sont nécessaires pour optimiser l'utilisation des dispositifs individuels en réduisant les coûts d'exploitation, le

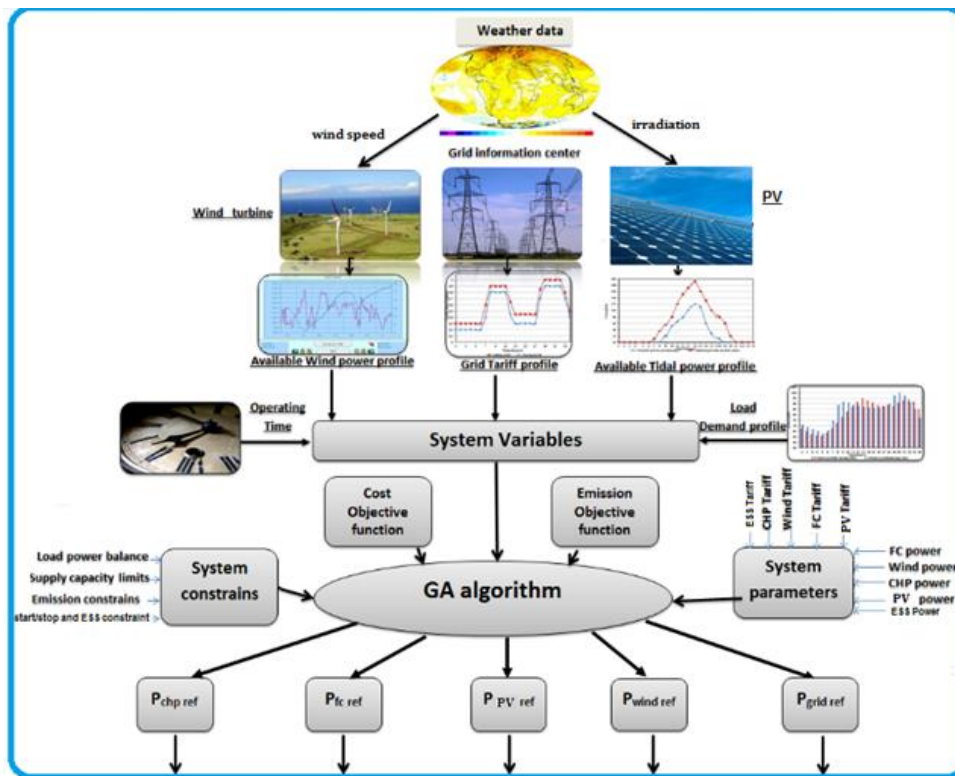


Fig.1 Modèle d'optimisation de Micro-Réseau

facteur d'émission à un niveau minimal en tenant compte des contraintes du système [13] - [14].

Ces contraintes représentent l'équilibre de puissance entre la source et la charge, les coûts de carburant, les spécifications de performance de l'équipement, les limitations liées à la sécurité, la limitation de l'approvisionnement en carburant et les restrictions sur le bruit ou les émissions de polluants [15].

L'algorithme d'optimisation consiste à trouver les entrées adéquates d'une fonction qui minimise ou maximise sa valeur sous contraintes. L'algorithme d'optimisation ne signifie pas nécessairement trouver la solution la mieux adaptée à un problème spécifique, mais également cette solution doit être possible et répondre aux caractéristiques du problème [16]-[17].

L'un des algorithmes les plus efficaces est l'algorithme génétique (GA); Ce dernier résout différents types de programmation comme la programmation linéaire et les problèmes quadratiques sous contraintes [18]-[21].

L'objectif principal de cette étude est d'optimiser et répartir les puissances dans chaque micro-réseau en considérant simultanément l'aspect économie et environnemental et en limitant les émissions de gaz à effet de serre. Le modèle d'optimisation proposé pour la gestion d'énergie est formulé en utilisant les algorithmes génétiques. L'exécution efficace de la méthode proposée et son comportement est illustré et analysé en détail en envisageant deux cas de figure : le profil de charge en hiver et le profil de charge en été.

Le micro-réseau présenté dans le présent document est supposé être relié au réseau principal d'alimentation. A des

heures creuses ou lorsque la production du micro-réseau est insuffisante pour répondre à la demande de charge, nous pouvons acheter de l'énergie provenant du réseau principal. D'autre part, lorsque la puissance générée est supérieure à la demande de la charge durant les heures de pointe, nous pouvons vendre l'excédent en l'injectant sur le réseau.

2. DEFINITION DU PROBLÈME

Dans cette section, on étudie le modèle d'optimisation du système de gestion d'énergie pour le micro-réseau. Celui-ci est représenté sur la Fig.1.

Les variables de décision sont les productions d'électricité de ressources énergétiques distribuées, du système de stockage et du réseau de distribution principal permettant d'allouer des points de consigne de production d'énergie optimaux pour chaque source. Une commande des interrupteurs appropriée est permet d'optimiser le coût d'exploitation total du micro-réseau pour satisfaire toutes les contraintes d'égalité et d'inégalité dans les transferts d'énergie. Les fonctions mathématiques objectives de ce problème peuvent être décrites comme suit:

2.1. Fonctions objectives de coût et d'émissions proposées

Le choix de la fonction coût représente la décision la plus pertinente à réaliser. En fait, une fonction coût différente a déjà été proposée dans [22]. Dans cette dernière, le coût total d'exploitation des ressources énergétiques distribuées et le coût de vente / d'achat de l'énergie fournie par le réseau ou injectée dans celui-ci sont considérées. Cette fonction prend également en compte le coût de la cogénération, celui qui correspond au démarrage de la pile à combustible et enfin le coût relatif à la charge/décharge des batteries de stockage. P est la puissance de

ressources distribuées, du stockage et du réseau exprimée en kW, 'D' représente l'état ON-OFF et 'C' le tarif par kWh. L'objectif principal de la fonction coût est de fournir les besoins de charge au cours de la journée, d'une manière économique. Une telle fonction objective peut être écrite comme suit:

$$f_1(x) = \sum_{t=1}^T \left\{ \sum_{i=1}^{u_g} D_i(t) P_{DERi}(t) C_{DERi}(t) + D_i(t) SUC_{DERi}(t) + \sum_{j=1}^{u_s} D_j(t) P_{ESSj}(t) C_{ESSj}(t) + P_{gr}(t) C_{gr}(t) - P_{gs}(t) C_{gs}(t) \right\} \quad (1)$$

Où : D_i est l'état des ressources distribuées (l'état ON = 1/OFF = 0), t est le temps exprimé en (h), P_{DERi} est la puissance fournies par les ressources distribuées en (kW), P_{ESSj} est la puissance de charge ou de décharge de la batterie de stockage en (kW), P_{gs}, P_{gb} sont les puissances reçue du réseau principal ou injectée dans celui-ci en (kW), C_{DERi} est le coût d'exploitation total des ressources distribuées (euro / kWh), C_{ESSj} est le coût total d'exploitation de l'élément de stockage (Euro / kWh), C_{gr} est le coût d'achat de l'énergie provenant du réseau principal (Euro / kWh), C_{gs} est le coût de de vente de l'énergie fournie au réseau (Euro / kWh) et SUC_{DGi} est le coût de démarrage des ressources distribuées en (Euro).

$$P_{DERi} = [P_{CHP}, P_{FC}, P_{wind}, P_{PV}, \dots \dots \dots P_{ug}] \quad (2)$$

$$P_{CHP}(t) = [P_{CHP}(1), P_{CHP}(2), P_{CHP}(3), \dots P_{CHP}(T)] \quad (3)$$

$$P_{ESSj} = [P_{ESS1}, P_{ESS2}, P_{ESS3}, \dots \dots \dots P_{us}] \quad (4)$$

$$P_{ESS1}(t) = [P_{ESS1}(1), P_{ESS1}(2), \dots \dots \dots P_{ESS1}(T)] \quad (5)$$

u_g, u_s est le nombre total des générateurs et des dispositifs de stockage, où T est le nombre total d'heures de la journée. Le coût de démarrage du générateur (SUC_{DGi}) est exprimé par l'équation suivante:

$$SUC_{DERi}(t) = \beta_i (1 - e^{-t_{offi}/\tau}) \quad (6)$$

Où β_i est le coût de démarrage à froid, τ est le temps de refroidissement constant pour chaque unité et t_{offi} est le temps de désactivation pour chaque unité.

2.2. Contraintes

2.2.1. Bilan de puissance de charge:

Cette contrainte stipule que la demande de puissance de la charge à chaque instant de la journée $P_L(t)$ doit être égale à la

somme des puissances des ressources distribuées, de celle du stockage et de la puissance du réseau principal.

$$\sum_{l=1}^{ul} P_L(t) - \sum_{i=1}^{ug} P_{DERi}(t) - \sum_{j=1}^{us} P_{DERi}(t) - P_{gr}(t) + P_{gs}(t) = 0 \quad (7)$$

2.2.2. Contrainte d'émission

Cette partie présente la contrainte pour l'émission de polluants à chaque heure de la journée, le facteur d'émission s'articule autour des polluants atmosphériques tels que les oxydes de soufre (SO_2), d'oxydes de carbone (CO_2) et les oxydes d'azote (NO_x) causés par des unités thermiques à combustible fossile. Il est proposé dans le présent document que chaque générateur ne peut pas dépasser les limites maximales de facteur d'émission (kg / h) qui sont exprimés comme suit:

$$\sum_{i=1}^{ug} E_{DERi}(t) P_{DERi}(t) \leq E_{DER}^{max} \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{us} E_{ESSj}(t) P_{ESSj}(t) \leq E_{ESS}^{max} \quad (9)$$

$$P_g(t) E_g(t) \leq E_{grid}^{max} \quad (10)$$

Où : $E_{DGi}(t), E_{DSj}(t)$ et $E_g(t)$ représentent respectivement le facteur d'émission totale en kg/kWh pour les ressources distribuées, le stockage et le réseau principal. La description mathématique des facteurs d'émission et de polluants peut être exprimée comme suit:

$$E_{DERi}(t) = CO_2(t) + NO_x(t) + SO_2(t) \quad (11)$$

$$E_{ESSj}(t) = CO_2(t) + NO_x(t) + SO_2(t) \quad (12)$$

$$E_g(t) = CO_2(t) + NO_x(t) + SO_2(t) \quad (13)$$

$$CO_2(t) = [CO_2(1), CO_2(2), \dots \dots \dots CO_2(T)] \quad (14)$$

$$NO_x(t) = [NO_x(1), NO_x(2), \dots \dots \dots NO_x(T)] \quad (15)$$

$$SO_2(t) = [SO_2(1), SO_2(2), \dots \dots \dots SO_2(T)] \quad (16)$$

L'émission de polluants totale pendant 24 heures de fonctionnement peut être exprimée comme ci-dessous:

$$f_2(x) = \sum_{t=1}^T \left\{ \sum_{i=1}^{u_g} D_i(t) P_{DERi}(t) E_{DERi}(t) + \sum_{j=1}^{u_s} D_j(t) P_{ESSj}(t) E_{ESSj}(t) + P_g(t) E_g(t) \right\} \quad (17)$$

2.2.3. Limites de la capacité d'approvisionnement

Chaque DER et chaque unité de stockage ESS a une capacité maximale et minimale en mode de fonctionnement. Ces limites sont formulées comme suit:

$$P_{DERi}^{min} \leq P_{DERi} \leq P_{DERi}^{max} \quad i = 1,2,3 \dots \dots ug \quad (18)$$

$$P_{ESSj}^{min} \leq P_{ESSj} \leq P_{ESSj}^{max} \quad j = 1,2,3 \dots \dots us \quad (19)$$

2.2.4. Taux de charge et de décharger de la batterie :

Au cours du processus de cyclage, une certaine contrainte du taux de charge et de décharge doit être définie. Le non-respect de ces contraintes peut affecter la durée de vie de la batterie. Ces contraintes peuvent être écrites comme suit:

$$E_{(t)} = E_{(t-1)} + [P_{(charging)} (\Delta t) \eta_{ch} - P_{(discharging)} (\Delta t) \eta_{disch}] \quad (20)$$

Où : $P_{charging} \leq P_{chargingmax}$ et

$$P_{discharging} \leq P_{dischargingmax}$$

$P_{charging}, P_{discharging}$: Représentent le taux de charge et de décharge pour la batterie pendant le mode de fonctionnement pendant une certaine période de temps. Lorsque η_{ch} est le rendement de la batterie en cours de la charge et η_{disch} celui correspondant à la décharge. $E_{(t)}$: Est l'énergie de stockage dans la batterie à l'instant t.

2.2.5. Limites Stop / Start des DER:

Pour chaque unité le nombre de démarrages et d'arrêts n_{start}, n_{stop} doit être pris en compte comme une contrainte et ne peut pas dépasser un certain nombre n_{max} . Cette contrainte vise à augmenter la durée de vie de.

$$n_{start} \leq P_{startmax} \quad n_{stop} \leq n_{stopmax} \quad (21)$$

3. PARAMÈTRES DU SYSTÈME

Cette section présente une description complète des ressources électriques distribuées DER, du système de stockage ESS, du réseau principal et du profil de charge dans le système micro-réseau MG. En outre, il présente les coûts de fonctionnement et de facteur d'émission pour chacune des sources pendant la durée de fonctionnement. Toutes les données et les hypothèses utilisées dans cette partie sont formulées sur la base de connaissances et d'informations pratiques figurant dans [23].

3.1. Profil de la demande de charge

Il est considéré dans le système MG que la charge est une charge résidentielle. La demande résidentielle d'électricité varie selon certains facteurs tels que le revenu du ménage, le type de logement et de la propriété, la présence à la maison de chaque ménage, les données météorologiques de la journée, celles de l'année, la localisation géographique et climatique. La Fig.2 montre un profil de charge moyen quotidien en l'électricité pour un groupe de maisons et illustre l'ampleur des variations diurnes de la demande, et comment celles-ci varient en fonction du moment de la journée, en raison d'effets saisonniers.

3.2. Paramètres du réseau principal

La variation de la demande se traduit dans le tarif du marché de l'électricité du réseau principal et / ou des contrats d'approvisionnement qui assurent une production plus forte lorsque la demande est élevée et moins forte quand la demande est moins élevée. Fig.3 et Fig.4 montrent le tarif de l'énergie électrique (achat-vente) provenant ou à destination du réseau principal pendant 24 heures et durant le mois de Janvier et Juillet, respectivement. Ce tarif est pour un usage résidentiel et peut être adapté pour les clients qui consomment leur énergie pendant les heures creuses.

D'autre part, l'émission totale du réseau principal dépend du type de système de production. Dans le présent document, nous avons considéré que la production d'énergie de type nucléaire ne rejette pas de gaz polluants (0 kg de CO_2 par kWh d'émission) et le système de production à base de charbon émet environ 0,99 kg de CO_2 par kWh. La production d'énergie à base de charbon représente de 30% de production totale d'énergie du réseau principal.

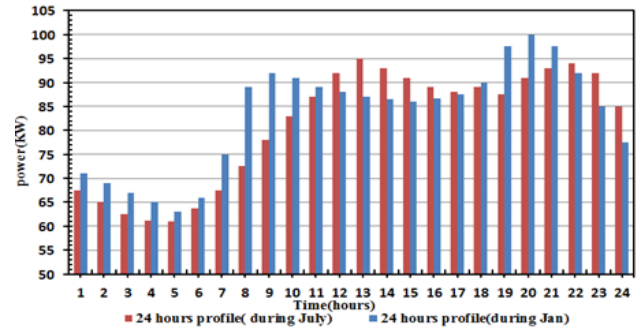


Fig.2 Profil de la demande en électricité

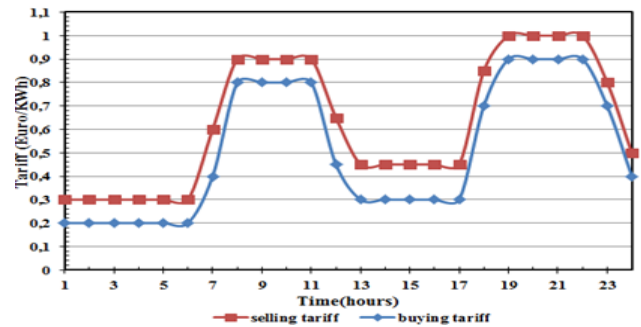


Fig.3 Tarif de l'énergie du réseau principal pendant 24 heures en Janvier

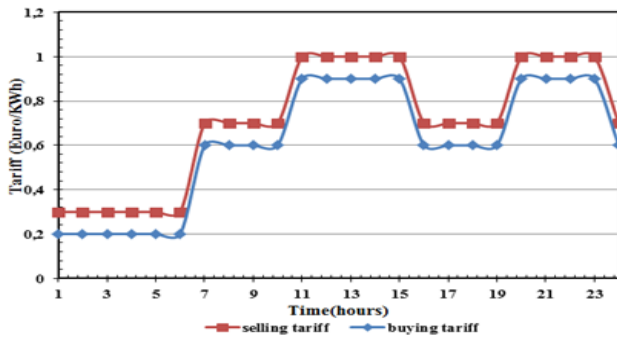


Fig.4 Tarif de l'énergie du réseau principal pendant 24 heures en Juillet

3.3. Paramètres DER et ESS

3.3.1. DERS et d'une capacité ESS:

La puissance de sortie pour chaque générateur pendant le fonctionnement admet des limites inférieure et supérieure. Ces valeurs sont données dans la Tableau.1. Il est admis que la cogénération CHP et la pile à combustible FC travaillent tout le temps avec une gamme de puissance entre les limites minimales et maximales pour réduire leur coût liés au démarrage.

Tableau 1. Les limites maximales et minimales pour les unités de production en micro-réseau

MG system	$P_{min}(kW)$	$P_{max}(kW)$
CHP	2	55
FC	1	40
WT	0	20
PV	0	25
ESS	-20	20

3.3.2. Disponibilité de l'énergie éolienne et PV:

La disponibilité de l'énergie éolienne en mode de fonctionnement dépend de la vitesse du vent tandis que dans le système PV dépend de la radiation solaire. Les Fig.5 et Fig.6 montrent les distributions horaires d'énergie pour les systèmes PV et éolien pendant une journée, selon la saison et en considérant le changement climatique.

3.3.3. Tarifs et émissions pour DER et ESS

Dans les unités de production DER et pour les unités de stockage SSE, le coût total par kWh produit (coût unitaire) est traditionnellement calculé en actualisant les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation et d'entretien pendant toute la durée divisée par la production annuelle d'électricité. La première ligne du Tableau.2 montre le coût unitaire de production calculé comme un coût moyen sur la durée de vie.

En réalité, les coûts réels seront inférieurs à la moyenne calculée au début de la vie, en raison de coûts d'exploitation et de maintenance réduits, et augmentera au cours de la durée de vie des DER et de l'utilisation de l'ESS. La deuxième ligne du tableau présente le total des émissions de CO_2 de chaque unité négligeant l'effet de NO_x , SO_2 du fait de leur faibles valeurs Il

est proposé que tous les producteurs se limitent à produire 17 kg d'émissions de polluants par heure.

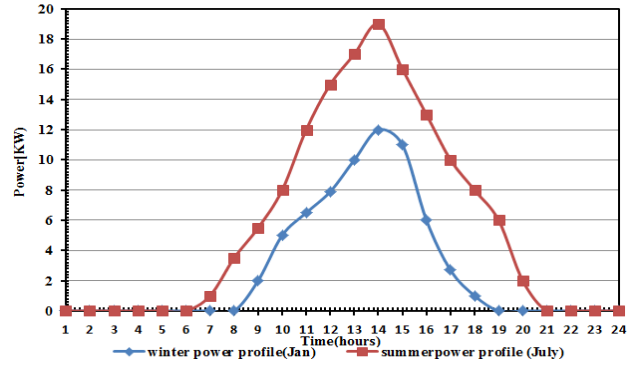


Fig.5 Profil de la puissance PV

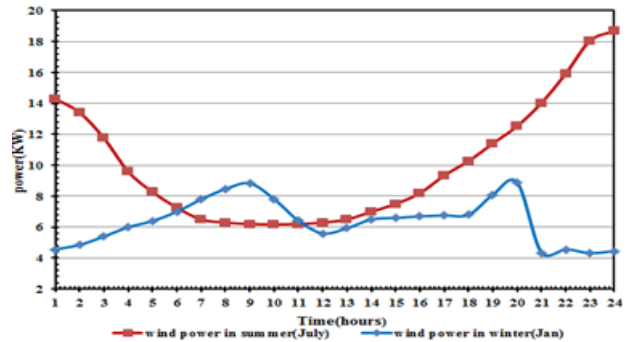


Fig.6. Profil de la puissance éolienne

Tableau2. Tarif et émissions pour chaque source

MG système	CHP	FC	WT	PV	ESS
Tarif (Euro/kWh)	0.46	0.31	0.8	0.7	0.35
CO_2 (kg/kWh)	0.37	0.23	0	0	0.005

4. GENETIC ALGORITHM (GA) IMPLEMENTATION

Cette section présente l'algorithme d'optimisation pour l'électricité produite dans le système MG. Le problème d'optimisation pour un fonctionnement en micro-réseau MG a été analysé en utilisant l'algorithme génétique GA. C'est une méthode de recherche globale stochastique qui imite la métaphore de l'évolution biologique naturelle.

Les avantages de l'algorithme GA peuvent être résumés comme suit:

- L'Optimisation est réalisée à l'aide de variables continues ou discrètes.
- Les recherches se déroulent simultanément à partir d'un large échantillonnage de la surface coût.
- Traite un grand nombre de variables.
- Est bien adapté pour les calculateurs parallèles.
- Optimise les variables avec des surfaces coûts extrêmement complexes (ils évitent les minimums locaux).

- Fournit une liste de variables de fonctionnement optimales, pas seulement une seule solution.
- Peut coder les variables de sorte que l'optimisation se fasse avec les variables codées.
- Fonctionne avec les données générées numériquement, des données expérimentales, ou des fonctions analytiques.

Comme toutes les méthodes d'optimisation, les algorithmes génétiques GA nécessitent la spécification des limites inférieures, supérieures pour les variables à optimiser. Les valeurs suggérées déterminent le point des variables de décision de départ. La technique des mesures employées pour la détermination des meilleures solutions du problème d'optimisation sont décrites dans la Fig.7.

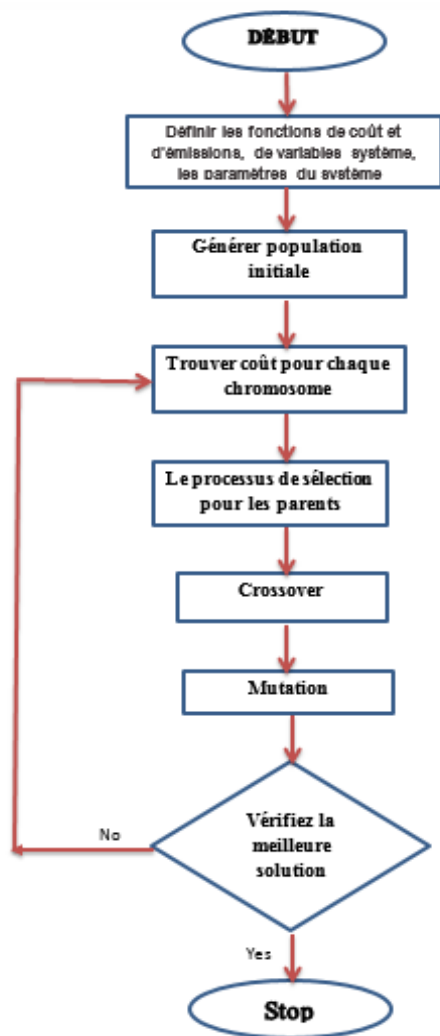


Fig.7. mise en œuvre de l'algorithmeGA

5. RESULTATS D'OPTIMISATION

Dans cette section, les résultats de l'optimisation du système en micro-réseau MG seront évalués à l'aide des algorithmes GA. L'optimisation de la capacité installée des ressources distribuées DER et du réseau principal est étudiée sur une durée de 24 heures de fonctionnement.

Le modèle d'optimisation prend en compte la variation du profil de la demande de la charge, du tarif imposé par le réseau principal et la puissance disponible pour l'éolien et le PV au cours de la journée. En outre, il est considéré que pour l'ensemble de la production, l'algorithme vise à choisir le réglage optimal selon les fonctions objectives pour le coût et les émissions.

Deux cas de profils seront présentés pour une demande d'énergie sur une durée de 24 heures en hiver (janvier) et en été (Juillet).

5.1. Étude de cas en hiver

Dans ce cas, l'optimisation de la capacité installée de la pile à combustible FC, de la cogénération, de l'éolien, du photovoltaïque, de la batterie et du réseau principal est étudiée pour la saison d'hiver (janvier). Le modèle d'optimisation prend en compte le profil variable des besoins de charge, du tarif de l'énergie fournie ou injectée dans le réseau principal, et de la puissance (éolien + PV) au cours de la journée. En outre, il est considéré que tous les générateurs opérant en micro-réseau MG ou avec le réseau principal, l'algorithme permet de choisir le réglage optimal selon la fonction objective coût.

Ce cas d'étude est présenté dans le Tableau3 et la Fig.8.

Tableau3. répartition optimale de la puissance selon la fonction coût (coût total = 666.9 Euro- émission totale = 556 kg)

Time (hour)	FC (KW)	CHP (KW)	Wind (KW)	PV (KW)	Charge/Storage (KW)	Grid (KW)
1	9.25	2	0	0	0/0	59.65
2	11.35	2	0	0	-4/-3.6	59.65
3	9.35	2	0	0	-4/-7.2	59.65
4	7.35	2	0	0	-4/-10.8	59.65
5	5.3	2	0	0	-4/-14.4	59.65
6	8.35	2	0	0	-4/-18	59.65
7	15.95	2	0	0	-2.6/-20	59.65
8	40	45.9	8.466	0	4/-15.4	-9.4
9	40	45.9	8.83	2	4/-10.8	-8.77
10	40	45.9	7.816	5	4/-6.2	-11.76
11	40	45.9	6.42	6.5	4/-1.69	-13.86
12	40	2	0	0	-0.43/-2	46.42
13	29.3	2	0	0	-4/-5.6	59.65
14	28.85	2	0	0	-4/-9.2	59.65
15	28.35	2	0	0	-4/-12.8	59.65

16	29.05	2	0	0	-4/-16.4	59.65
17	29.85	2	0	0	-4/-20	59.65
18	40	45.9	0	0	0.7/-20	4.05
19	40	45.9	8	0	4/-15.4	-0.445
20	40	45.9	8.9	0	4/-10.8	1.15
21	40	45.9	4.3	0	4/-6.21	3.25
22	40	45.9	4.6	0	4/-1.6	-2.54
23	40	45.9	0	0	1.4/0	-2.34
24	40	2	0	0	0	35.5

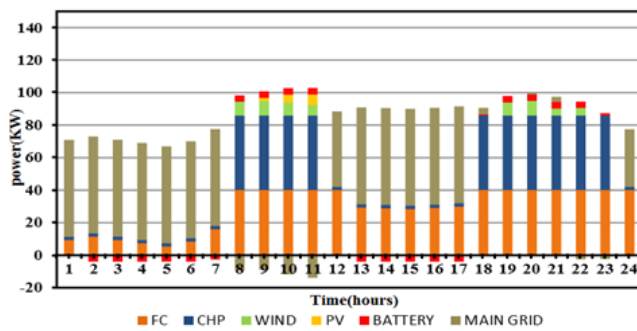


Fig.8 répartition de la puissance optimale pour le micro-réseau MG et le réseau principal en hiver

5.2. Étude de cas d'été

Comme pour l'étude de cas précédent, l'algorithme d'optimisation est mis en œuvre pour résoudre le problème d'optimisation lié à la saison d'été (Juillet). Le tableau.4 montre la répartition optimale pour les générateurs du MG et le réseau principal pour un fonctionnement journalier selon la fonction coût. En outre, la Fig.9 présente les résultats de façon graphique.

Table6. répartition de la puissance optimale selon la fonction coût (coût total =656 Euro- émission totale=522kg)

Time (hour)	FC (KW)	CHP (KW)	Wind (KW)	PV (KW)	Charge/Storage (KW)	Grid (KW)
1	9.85	2	0	0	-4/-3.6	59.65
2	5.9	2	0	0	-2.6/-5.6	59.65
3	4.8	2	0	0	-4/-9.2	59.65
4	3.6	2	0	0	-4/-12.8	59.65
5	3.3	2	0	0	-4/-16.4	59.65

6	6.1	2	0	0	-4/-20	59.65
7	40	45.9	0	1	0/-20	-19.44
8	40	45.9	0	3.5	0/-20	-16.94
9	40	45.9	0	5.5	0/-20	-13.44
10	40	45.9	0	8	0/-20	-10.94
11	40	45.9	6.2	12	4/-15.4	-21.14
12	40	45.9	6.3	15	4/-10.8	-19.25
13	40	45.9	6.5	17	4/-6.2	-18.45
14	40	45.9	7	19	0/-6.2	-18.9
15	40	45.9	7.5	16	4/-1.61	-22.4
16	40	45.9	0	13	-4/-5.2	-5.94
17	40	45.9	0	10	-4/-8.8	-3.94
18	40	45.9	0	8	-4/-12.5	-0.94
19	40	45.9	0	6	-4/-16	-0.44
20	40	45.9	12.53	2	1.9/-13.8	-11.4
21	40	45.9	14	0	4/-9.19	-10.94
22	40	45.9	15.92	0	4/-4.59	-11.86
23	40	45.9	18.05	0	4/0	-15.99
24	40	45.9	0	0	0/0	-0.94

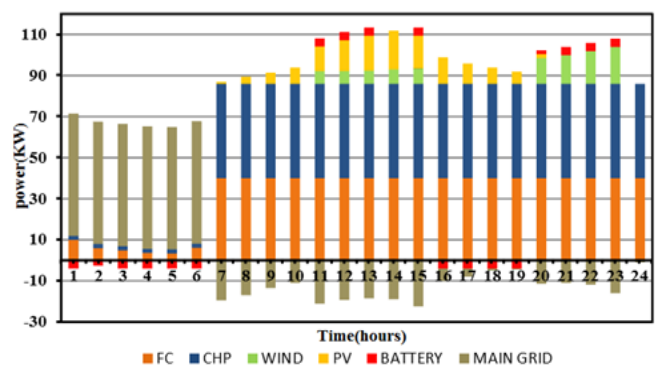


Fig. 9 répartition de puissance optimale pour le MG et le réseau principal pendant la saison estivale.

6. CONCLUSIONS

Cet article a présenté un modèle d'optimisation pour une répartition optimale des puissances appelées sur les différentes sources d'énergie, à savoir le micro-réseau DER, le système de stockage ESS et le réseau principal. L'étude d'optimisation tient

compte simultanément de la fonction coût, de l'émission et la disponibilité des énergies renouvelables comme objectifs concurrentiels. Le modèle d'optimisation proposé pour la gestion de l'énergie du micro-réseau est analysé puis résolu en utilisant les techniques des algorithmes génétiques. L'exécution efficace de la méthodologie proposée et son comportement est formulée en détails pour une variation quotidienne de la demande et compte tenu de l'effet de conditions météorologiques saisonnières sur le profil des besoins de la charge.

7. REFERENCES

- [1] Huang Jiayi, «A review on distributed energy resources and MicroGrid», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12 (2008) 2472–2483
- [2] Prasenjit Basak, «A literature review on integration of distributed energy resources in the perspective of control, protection and stability of microgrid», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 5545–5556.
- [3] Jackson John Justo, «AC-microgrids versus DC-microgrids with distributed energy resources: A review», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24(2013)387–405.
- [4] Pedro J. Mago, «Evaluation of the potential emissions reductions from the use of CHP systems in different commercial buildings», *Energy and Environment journal* 53(2012)74-82.
- [5] Mohammad H. Moradi, «An energy management system (EMS) strategy for combined heat and power (CHP) systems based on a hybrid optimization method employing fuzzy programming », *Energy* 86 (2013) 86-101.
- [6] M. Bianchi, «Performance analysis of an integrated CHP system with thermal and Electric Energy Storage for residential application », *applied energy journal* (2013) (article in press).
- [7] JoséL and Bernal-Agustin, «Simulation and optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 2111–2118.
- [8] M.F. Elsied, A. Oukaour, H.Gualous, Y. Slamani, R.Hassan, A.Amin, «Analysis, Modeling, and Control of an AC Microgrid System Based on Green energy», *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'14)* ISSN 2172-038 X, No.525, April 2014.
- [9] Faisal A. Mohamed, «Online management genetic algorithms of microgrid for residential application», *Energy Conversion and Management* 64 (2012) 562–568.
- [10] Yen-Haw Chen, «Economic analysis and optimal energy management models for microgrid systems: A case study in Taiwan», *Applied Energy* 103 (2013) 145–154.
- [11] Ashoke Kumar Basu, «Microgrids: Energy management by strategic deployment of DERs—A comprehensive survey», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 4348– 4356.
- [12] Jiandong Ma, «model of a community-based microgrid integrating wind turbines, photovoltaic and CHP generations», *Journal applied energy* (2013) article in press.
- [13] M. Fadaee, «Multi-objective optimization of a stand-alone hybrid renewable energy system by using evolutionary algorithms: A review», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3364– 3369.
- [14] Aqeel Ahmed Bazmia, Gholamreza Zahedia, «Sustainable energy systems: Role of optimization modeling techniques in power generation and supply—A review», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 3480–3500.
- [15] Monica Alonso, «Integration of renewable energy sources in smart grids by means of evolutionary optimization algorithms », *Expert Systems with Applications* 39 (2012) 5513–5522.
- [16] Amjad Anvari Moghaddam, «Multi-operation management of a typical micro-grids using Particle Swarm Optimization: A comparative study», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 1268– 1281.
- [17] Taher Niknam, «An efficient scenario-based stochastic programming framework for multi-objective optimal micro-grid operation», *Applied Energy* 99 (2012) 455–470.
- [18] Prasenjit Basak, «A literature review on integration of distributed energy resources in the perspective of control, protection and stability of microgrid», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 5545–5556.
- [19] Georges R. Harik, «The Compact Genetic Algorithm», *IEEE Transaction on evolutionary computation*, vol. 3, NO. 4, Nov 1999.
- [20] J. A. Vasconcelos, «Improvements in Genetic Algorithms», *IEEE Transaction on magnetic*, vol. 37, NO. 5, Sep 2001.
- [21] M.F.Man, «Genetic Algorithms: Concepts and Applications», *IEEE Transaction on industrial electronics*, vol. 43, NO. 5, Oct 1996.
- [22] Amjad Anvari Moghaddam, «Multi-objective operation management of a renewable MG (micro-grid) with back-up micro-turbine/fuel cell/battery hybrid power source», *Energy* 36 (2011) 6490-6507.
- [23] RED Electrical in Spans .Available on: <http://www.ree.es>.