ISSN: 1737-9334
PET- Vol. 52

Proceedings of Engineering & Technology
-PET-

Energie Renouvelable et Applications
Francophone issue

Editeur:
Dr. Ahmed Rhif

International Centre for Innovation & Development
-ICID-

ICID

ISSN: 1737-9334
-PET- Vol. 52

International Centre for Innovation & Development

Proceedings of Engineering & Technology
-PET-

Energie Renouvelable et Applications

Francophone issue

Editeur:

Dr. Ahmed Rhif

International Centre for Innovation & Development

–ICID–

Editeur en chef

Dr. Ahmed Rhif (Tunisie)
Ahmed.rhif@gmail.com

Dean of International Centre for Innovation & Development (ICID)

Comité de redaction

Elmati Khoumri (**MAR**)

Driss Youssfi (**MAR**)

Fabien Delaleux (**FRA**)

Georges Descombes (**FRA**)

Hana Boudjedir (**ALG**)

Fawaz Massouh (**FRA**)

Nachida K. Merzouk (**ALG**)

Houria Siguerdidjane

Khenfer Nabil (**ALG**)

Mohamed Elamine Djeghlal (**ALG**)

Manar Slimane (**MAR**)

Abdelfettah Barhdadi (**ALG**)

Mohamed Gherbi (**ALG**)

Mohamed Benbouzid (**FRA**)

Sara Zatir (**ALG**)

Philippe Guibert (**FRA**)

Mustapha Hatti (**ALG**)

Saoussen Hammami (**TUN**)

Rahmani Lazhar (**ALG**)

Tahar Bahi (**ALG**)

Fathi Mohammed (**ALG**)

Sallam Mebrouk (**ALG**)

Youcef Soufi (**ALG**)

Hassane Mahmoudi (**MAR**)

Toufik Madani Layadi (**ALG**)

Samira Chader Kerdjou (**ALG**)

Tounzi Abdelmounaïm (**FRA**)

Zohra Ameur (**ALG**)

Sommaire

Analyse comparative des perturbations EM conduites BF engendrées par les ponts redresseurs triphasés commandés et non commandés. **Page 1**
Saliha Rezini, Zin-eddine Azzouz.

Commande d'un système éolien basé sur une MADA. **Page 5**
Moulay Fatima, Habbatti Assia, Hamdaoui Habib.

Le biogaz source d'energie renouvelables. Cas des déchets ménagers « biodéchet ». **Page 11**
Baichata Malika, Tamali Mohamed.

Emissions BF des chargeurs commandés par régulateur à Hystérésis embarqués dans les véhicules électriques hybrides rechargeables (V.E.H.R). **Page 16**
L. Bessoltane, Z. Azzouz, D. Toumi.

Stratégie de contrôle du raccord au réseau du générateur photovoltaïque. **Page 20**
Habbati Bellia Assia, Moulay Benine Fatima.

Analyse de l'écoulement du flux de puissance dans un système éolien en présence d'un creux de tension. **Page 24**
Salima Kadri, Mahmoud Habbab, Cherif Benoudjafer.

Écoulement hydromagnetique non lineaire de convection forcee d'un fluide biomagnetique instable. **Page 29**
Merabet Ayeche Chahra, Kezzar Mohamed, Sari Mohamed Rafik.

Le bâtiment passif pour assurer l'efficience énergétique. **Page 35**
Mokhnache nardjesse, Alkama djamel.

Le CuInSe2 en couches minces est une structure de base pour une application photovoltaïque. **Page 44**
Ghalmi Leila, Bensmaine Souhila.

Les intentions bioclimatiques des architectes de la Reconstruction tunisienne d'après-guerre: cas des logements collectifs d'El Menzah 1. **Page 44**
Salma Gharbi.

La reproduction de l'habitation troglodyte vernaculaire aux temps 'modernes'. Cas d'un projet d'habitat du 'plan de Constantine' a Biskra (sud-est Algérien). **Page 53**
Asma Achraf Zendagui, Azeddine Belakehal.

Comparaison entre les modules d'élasticité d'un béton autoplaçant exposé à hautes température par deux méthodes de fréquence de résonance. **Page 58**
Benoudjafer Imane, Benoudjafer Ibtissam.

Amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment résidentiel (cas de la ville de Bechar). **Page 63**
Ibtissame Benoudjafer, Imane Benoudjafer.

Etude comparative entre les différentes méthodes extrapolations verticales de la vitesse du vent de la loi à coefficient de puissance avec le langage PYTHON. **Page 70**
Hadjij Merouane, Benfekir Abderrahim, Zoubida Lounis.

Caractérisation physico-chimique et mécanique des argiles de la région d'Adrar et de Timimoun en vue d'une utilisation dans les centres de stockages des déchets. **Page 76**
Belaidi Khedidja, Mekerta Belkacem, Allal Mohamed Amine.

Pour une approche environnementale du traitement des eaux usées de la ville de Tamanrasset –Sud Algérien- dans le cadre du développement durable. **Page 80**
Bouaoud Mohamed, Bebouche Manel, Hadj Ali Zakaria.

Analyse comparative des perturbations EM conduites BF engendrées par les ponts redresseurs triphasés commandés et non commandés

Saliha Rezini [#], Zin-eddine Azzouz [*]

[#] *Département de Génie Electrique, Faculté des Sciences et de la Technologie, Université Abdelhamid Ibn Badis*
Site 1, Route Belahcel 27000, Mostaganem, Algerie
rezini_s@yahoo.fr

[*]*Département d'Automatique, Faculté de Génie Electrique Université des Sciences et de la technologie-Mohamed Boudiaf*
Laboratoire de Développement des Entraînements Electriques (LDEE)
El Mnaouar, B.P. 1505, Bir El Djir, 31000, Oran, Algérie
zinazzouz@yahoo.fr

***Résumé*— La pollution électromagnétique (EM) est l'un des problèmes majeurs intervenant dans la dégradation de la qualité de l'énergie électrique dans les réseaux électriques. Cette pollution est en partie créée par les dispositifs d'électronique de puissance notamment les convertisseurs statiques assurant certaines fonctions dans le réseau électrique. Ces dispositifs sont considérés comme des charges non linéaires émettant des perturbations électromagnétique conduites et rayonnées très contraignantes du point de vue compatibilité électromagnétique (CEM).**

Les travaux de recherche présentés dans cet article ont pour objectif l'étude et la caractérisation de la signature CEM des perturbations électromagnétique conduits basses fréquences engendrées par les ponts redresseurs triphasés non commandés et commandés. A noter enfin que tous les résultats de simulation, obtenus à l'aide du logiciel Pspice, ont été validés par des gabarits de normes spécifiques aux dispositifs étudiés.

***Mots-clés* — Compatibilité électromagnétique, electronique de puissance, pont redresseur, perturbation EM conduite, basses fréquences.**

I. INTRODUCTION

Le domaine du génie électrique ne cesse de gagner du terrain dans les domaines industriels. Cette tendance n'a fait que se renforcer depuis quelques années grâce aux progrès de l'électronique de puissance qui ont été considérables dans la maîtrise de la conversion et l'amélioration de la capacité de transit et de l'énergie électrique distribuée. Cette énergie qui est produite et distribuée sous forme de tensions sinusoïdales, permet de fournir la puissance électrique nécessaire aux différentes charges connectées au réseau électrique [1]–[4]. Lorsque la forme d'onde de la tension n'est plus sinusoïdale, des perturbations EM peuvent affecter le bon fonctionnement de nombreux éléments raccordés au réseau et mettre ainsi en jeu des problèmes de CEM entre ces derniers [5]–[7].

L'utilisation croissante des dispositifs d'électronique de puissance dans les réseaux électriques contribue à la détérioration de la tension et du courant délivrés par ces réseaux. Aussi, les dispositifs d'électronique de puissance doivent être conformes aux normes CEM. Afin d'obtenir cette conformité, une méthode classique, consiste à réaliser un prototype, puis à mesurer ses émissions. On lui ajoutera enfin un filtre au niveau de son alimentation afin de limiter son niveau d'émission en dessous du gabarit imposé par la norme [8],[9].

Ce processus est long et coûteux, de plus, les filtres CEM sont lourds, volumineux et chers [10]. Cette méthode est loin d'être optimale car elle ne prend en compte la contrainte CEM qu'à la fin du développement du dispositif. Pour s'affranchir de ces inconvénients, il est intéressant d'intégrer la contrainte CEM dès la phase de conception en usant d'un outil de modélisation des perturbations EM. Ce dernier servirait à tester différentes configurations de dispositifs d'électronique de puissance et de choisir la moins polluante du point de vue CEM, sans pour autant arriver au stade de réalisation du dispositif [10].

Ainsi, ce travail est consacré à l'étude des perturbations EM conduites basses fréquences engendrées par les ponts redresseurs et transmises au réseau électrique. Pour mettre en évidence ces perturbations, des simulations dans le domaine temporel et fréquentiel ont été effectuées.

II. NORMALISATION CEM EN ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

Depuis plusieurs années, les fabricants d'appareils électriques et ou électroniques sont soumis à des normes de CEM dépendant de leurs produits et leurs marchés d'affaires. Ces normes ont pour but de diminuer le risque de causer des problèmes d'interférences EM. Il existe à ce jour un certain nombre de normes auxquelles doit se soumettre tout produit devant être connecté au réseau de distribution [11], [12].

A titre d'exemple, les normes CEI classe A 1000-3-2 et CEI classe A 1000-2-2 présentent respectivement les limites des courants injectés dans le réseau public basse tension et les niveaux de compatibilité pour les tensions harmoniques sur ce même réseau [13]–[15].

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Pour le contrôle du taux de distorsion harmonique (THD) présent sur les réseaux électriques, on doit utiliser la norme IEEE Std 519-2014 [16], [17]. Elle impose également les limites recommandées de la pollution harmonique engendrée par les usagers et de la distorsion harmonique totale sur le réseau électrique.

III. Identification et caracterisation des perturbation EM generees par les ponrs redresseurs triphases

La notion de perturbations basses fréquences comprend les influences EM dans la gamme des fréquences comprises dans l'intervalle de 0Hz à 9kHz [18] – [20]. Ces perturbations sont causées par des utilisateurs possédant des appareils ayant des caractéristiques non-linéaires connectés au réseau d'alimentation.

Les ponts redresseurs monophasés présentent un intérêt très limité parce que les formes d'onde de la tension et du courant délivrés par ces derniers sont loin de la forme souhaitée (forme continue). En revanche, les ponts redresseurs triphasés permettent de redresser les courants et les tensions à une forme très proche de la forme continue. Les signaux redressés ont alors une ondulation de fréquence six fois supérieure à celle des tensions d'entrée et un taux d'ondulation très petit.

Dans ce paragraphe, nous allons examiner l'influence des perturbations EM créées par des ponts redresseurs triphasés non commandés et commandés. Cette étude passe par la mise en évidence et la caractérisation des perturbations basses fréquences générées par ces ponts redresseurs. Ainsi, nous étudions dans un premier temps, les perturbations produites par un pont redresseur triphasé à diodes. Nous étudions ensuite, les perturbations générées par un pont redresseur triphasé commandé (pont tout thyristors et pont mixte). Les diodes de redressement utilisées sont de type BYT12P-600 et les thyristors sont de type MCR3935-10.

Les thyristors fonctionnent avec un retard à l'amorçage de 30° par rapport à la conduction naturelle des diodes (amorçage naturel) dans les configurations de ponts considérées. A noter que le signal de commande des thyristors est de forme trapézoïdale.

Par ailleurs, afin de mettre en évidence le principe de création des perturbations basse fréquence, nous avons considéré le modèle de base illustré dans la figure ci dessous. Aussi, pour chaque pont redresseur nous avons tracé les variations temporelles et fréquentielles (analyse spectrale de Fourier) de la tension à l'entrée du pont et du courant de ligne.

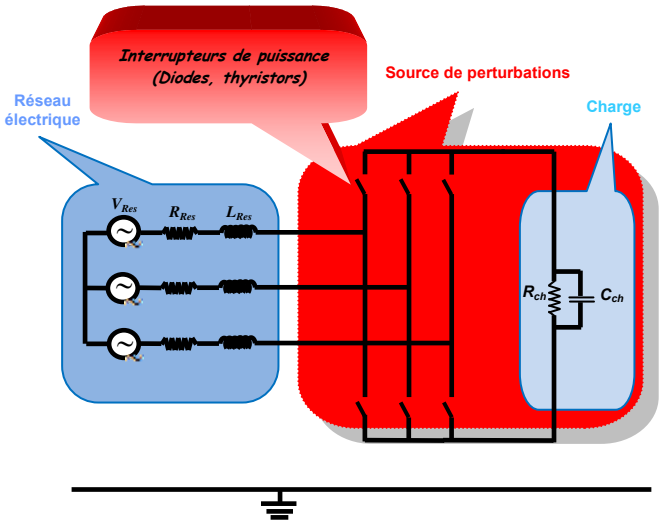


Fig. 1 Structure du pont de diode triphasé débitant sur une charge-Modèle basses frequencies

Les éléments parasites ne sont pas pris en considération et les paramètres de simulation considérés sont consignés sur le tableau 1.

TABLEAU I
PARAMETRES DE SIMULATION UTILISES

V_{Res} (V)	R_{Res} (Ω)	L_{Res} (µH)	R_{Ch} (Ω)	C_{Ch}	
				Pont non commandé	**Pont commandé**
220	0.4	500	50	900 µF	900 nF

Résultats et analyse

Les figures 2 et 3 représentent respectivement la tension à l'entrée du pont redresseur et le courant de ligne. Les analyses spectrales de Fourier de ces deux grandeurs sont présentées respectivement dans les figures 4 et 5.

L'analyse de ces résultats montre clairement l'effet perturbateur engendré par le pont redresseur triphasé (dans les trois configurations étudiées à savoir : le pont redresseur non commandé, le pont redresseur commandé tout thyristors et enfin le pont redresseur commandé mixte), et sa charge. Cet effet est traduit par une déformation des formes d'ondes de tension et du courant de ligne. De plus, on remarque que les formes d'ondes de tension et de courant de ligne obtenues, correspondant au pont redresseur commandé mixte, présentent une dissymétrie entre l'onde positive et l'onde négative.

Cette déformation se traduit, sur le plan fréquentiel, par l'apparition de plusieurs harmoniques. Nous constatons aussi que les harmoniques multiples de trois sont nuls pour les trois configurations de pont étudiées.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

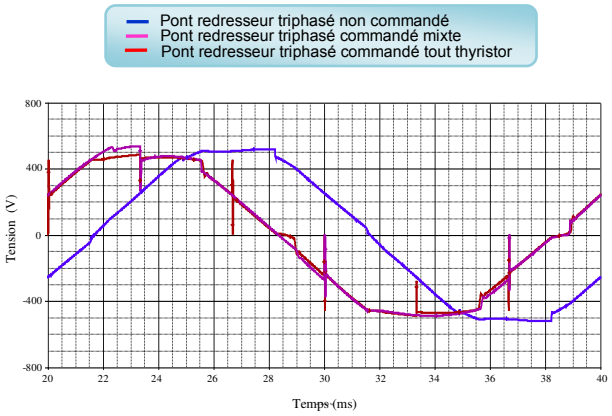


Fig. 2 Variations temporelles de la tension composée à l'entrée du pont redresseur triphasé

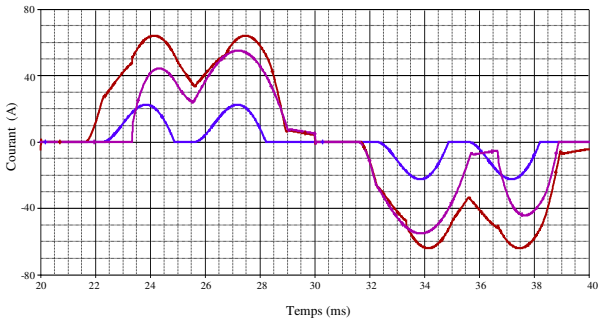


Fig. 3 Variations temporelles du courant de ligne du pont redresseur

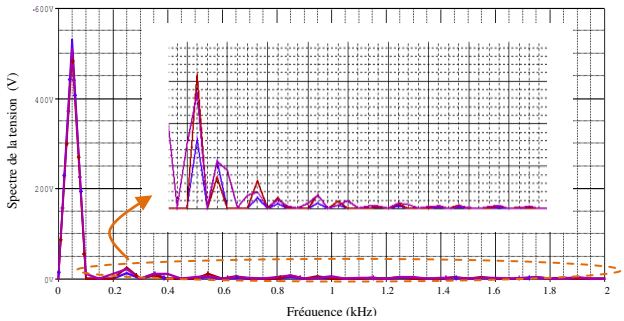


Fig. 4 Spectre fréquentiel de la tension composée à l'entrée du pont redresseur triphasé

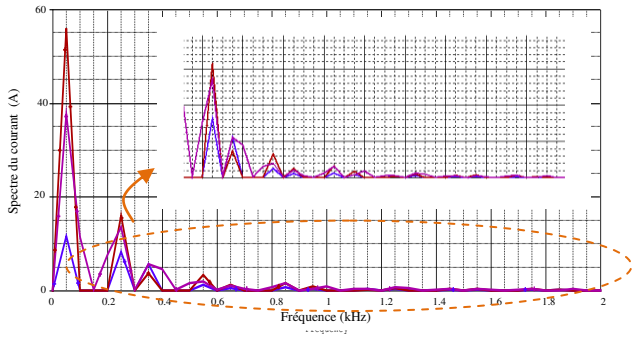


Fig. 5 Spectre fréquentiel du courant de ligne

Dans les tableau II et III, nous avons reporté, pour chaque configuration, les valeurs du THD, du TDD et du fondamental obtenues. Les valeurs du THD et du TDD sont comparées et validées par les données de la norme IEEE 519-2014.

TABLEAU II
TABLEAU COMPARATIF DES VALEURS DU THD,TDD ET DE L'AMPLITUDE DU FONDAMENTAL RELATIF AU PONT REDRESSEUR NON COMMANDE

Tension à l'entrée du pont	Fondamental (*V*)		530.5
	THD (%)	Simulation	3.45
		Norme (*IEEE std 519-2014*)	8
Courant de ligne	Fondamental (*A*)		11.61
	TDD (%)	Simulation	86.92
		Norme (*IEEE std 519-2014*)	12

TABLEAU III
TABLEAU COMPARATIF DES VALEURS DU THD,TDD ET DE L'AMPLITUDE DU FONDAMENTAL RELATIF AU PONT REDRESSEUR COMMANDE

			Tout thyristors	**Mixte**
Tension à l'entrée du pont	Fondamental (*V*)		497.8	511.3
	THD (%)	Simulation	5	6.42
		Norme (*IEEE std 519-2014*)	8	8
Courant de ligne	Fondamental (*A*)		55.98	37.75
	TDD (%)	Simulation	29.92	55.36
		Norme (*IEEE std 519-2014*)	8	8

A la lumière de ces, il est facile de voir l'effet perturbateur engendré par le pont redresseur triphasé, sur le courant de ligne et la tension à l'entrée du pont. Ainsi, l'analyse du THD montre que la valeur de ce paramètre dans les configurations de ponts est inferieur à la valeur limite du THD spécifiée par la norme IEEE 519-2014.

De plus, nous constatons que l'amplitude du fondamental, correspondant à la tension à l'entrée du pont redresseur, est en dessous de l'amplitude de la tension fournie par le réseau électrique. Par ailleurs, l'analyse du TDD dans les trois cas de configurations de pont étudiées, montre que ce dernier dépasse largement les limites recommandées par la norme IEEE 519-2014.

Enfin nous remarquons, que le pont redresseur triphasé non commandé est moins polluant que le pont redresseur triphasé commandé (tout thyristors, mixte). En effet, les valeurs obtenues du THD et du TDD, correspondant au pont redresseur non commandé, sont inferieures à celles du pont redresseur commandé (tout thyristors, mixte) ce qui justifie les valeurs trouvées du fondamental.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

IV. CONCLUSIONS

Le travail présenté dans cet article est une contribution à l'identification et la caractérisation des perturbations EM engendrées par les dispositifs d'électronique de puissance. L'apport de ce travail concerne l'étude des agressions électromagnétiques conduites basses fréquences générées par les ponts redresseurs triphasés commandés et non commandés transmises au réseau électrique.

Les résultats obtenus après simulation, nous ont permis de mettre en évidence les sources et les chemins de propagation des perturbations engendrées par ces convertisseurs. Ces résultats ont étés comparés et validés par des gabarits de normes CEM relatifs aux dispositifs étudiés. Nous avons montré dans cette étude que les ponts redresseurs constituent, en basses fréquences, une source non négligeable de perturbations dont l'origine est due au fonctionnement des diodes et des thyristors.

REFERENCES

[1] E. Félice and P. Révilla, *Qualité des réseaux électriques et efficacité énergétique*, Dunod, L'Usine Nouvelle, 2009.

[2] A. M. Abu-Jalala, T. Cox , C. Gerada ,M. Rashed, T. Hamiti and N. Brown, " *Power Quality Improvement of Synchronous Generators Using an Active Power Filter,* ": IEEE Transactions on Industry Applications, pp 4080 - 4090, Vol.54, Issue.5, 19 April, 2018.

[3] C. Sankaran, *Power quality*, International standard book, Library of Congress card, Printed in the United States of America, 2002.

[4] L. Angela, N. P. Gabriel and M. D. Corina, "*The influence of home nonlinear electric equipment operating modes on power quality*," Wseas transactions on systems, pp 357 – 367, E-ISSN: 2224-2678, Vol. 13, 2014.

[5] R. Calvas, *Les perturbations électriques en BT*, Cahier technique n° 141, Groupe Schneider, 2001.

[6] M. Deobarro, " *Etude de l'immunité des circuits intégrés face aux agressions électromagnétiques : proposition d'une méthode de prédiction des couplages des perturbations en mode conduit*, " Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 2011.
S. Rezini, Z. Azzouz et B. Kouadri, " *Compatibilité électromagnétique des convertisseurs statiques : action par conduction*, " 5ème Conférence internationale sur électrotechnique, USTO-MB, Oran, 10-11 Novembre, 2009.

[7] P. M. Nicolae, I.D. Nicolae and M.Ş. Nicolae, "*Electromagnetic compatibility and power quality problems at low frequency for loads from an urban transportation system and in a power substation*, " IEEE International EMC Symposium, pp 242 – 247, Colorado Denver, 5-9 Aug, 2013.

[8] F. Costa, C. Gautier, E. Labouré and B. Revol, *La compatibilité électromagnétique en électronique de puissance. Principes et cas d'études*, Hermes-science, Lavoisier, Paris, 2013.

[9] S. Rezini, "*Contribution à l'étude et à la caractérisation de perturbations EM engendrées par des dispositifs d'électronique de puissance affectant un réseau électrique*, "Thèse de doctorat, Université des sciences et de la technologie-MB, 2016.

[10] C. Marlier, "*Modélisation des perturbations électromagnétiques dans les convertisseurs statiques pour des applications aéronautiques*, " Thèse de doctorat, Université de Lille I, 2013.

[11] M. M. Abdusalam, "*Structures et stratégies de commande des filtres actifs parallèle et hybride avec validations expérimentales*, " Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy-I, 2008.

[12] A. M. Abu-Jalala, T. Cox , C. Gerada ,M. Rashed, T. Hamiti and N. Brown, " *Power Quality Improvement of Synchronous Generators Using an Active Power Filter,* " IEEE Transactions on Industry Applications, pp 4080 – 4090, Vol.54, Issue.5, 19 April, 2018.

[13] International standard, *IEC 61000-3-2*, Third edition, 2005.

[14] G. Eduful, A. Jackson, J. E Cole , "*Harmonic emission limits and selecting PCC location based on the type of distribution system*, " Proceedings of the world congress on engineering, Vol I, pp 301-306, July 2-4, London, 2014

[15] Copyright International Electrotechnical, *Commission International*, Standard IEC 61000-2-2, 2002.

[16] IEEE Std 519-2014, *IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems*.

[17] P. Thakur, *"Nonlinear load distribution and drives configuration selection for harmonic mitigation as per IEEE 519-2014 standard,* " International conference on power electronics, drives and energy systems (PEDES), **18-**19 December, India, 2018.

[18] J. L. Cocquerelle , *CEM et électronique de puissance*, Editions Technip, Paris, 1999.

[19] R.T.Kennedy and I. Daut, *"Power quality and electromagnetic compatibility-The simple or not so simple ubiquitous power supply input stage,* " 2nd International conference on power and energy (PECon 08), **1-**3 December, Malaysia, 2008.

[20] C. Beiu, N. Golovanov, R. Porumb and C. Toader, *"Power quality in relation to the requirements of electromagnetic compatibility,* " 5th International symposium on electrical and electronics engineering (ISEEE), 20-22 October, Romania, 2017.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Commande d'un système éolien basé sur une MADA

Moulay Fatima[#1], Habbatti Assia [#1], Hamdaoui Habib [#1]

[#1] Faculty of techology, IRECOM Laboratory
University of Djillali Liabes,Sidi Bel Abbes, Algeria.

[1] fatimamoulay66@yahoo.fr
[2]bellia_abdeljalil@yahoo.fr
[3]hamdaoui_h@outlouk.fr

Résumé - Le présent travail est consacré à une commande vectorielle de l'énergie active et réactive d'une machine asynchrone à double alimentation(MADA) intégrée à un système éolien. Tout d'abord, le modèle mathématique de l'ensemble du système étudié est développé dans les coordonnées de Parc d-q puis le transfert de puissance entre le stator et le réseau est réalisé par action sur les signaux rotoriques via un convertisseur bidirectionnel. Le contrôle indépendant de la puissance active et réactive est assuré par des régulateurs classiques (PI)). L'étude est faite par simulation à base du logiciel Matlab/Simulink.

***Mots clés*: Eolienne - Machine Asynchrone à Double Alimentation – Commande Vectorielle.**

I. INTRODUCTION

Dans le secteur de l'énergie électrique, le monde entier cherche à réduire considérablement sa dépendance aux énergies de source fossile, se caractérisant à la fois par une forte émission de gaz à effet de serre et par des prix instables. Les opérateurs du secteur de l'énergie électrique s'acharnent à diversifier leur bouquet énergétique plus spécialement par une énergie propre et renouvelable de source géothermique, biomasse, solaire ou éolienne [1].

L'un des axes actuels de recherche est la génération d'énergie électrique à l'aide de machine asynchrone à double alimentation, utilisant comme moyen d'entraînement l'énergie éolienne. Intégrée dans un système éolien, la MADA permet de fonctionner sur une large plage de vitesse de vent, et d'en tirer le maximum de puissance possible pour chaque vitesse de vent. Son circuit statorique est connecté directement au réseau électrique.

Un second circuit placé au rotor est également relié au réseau, mais par l'intermédiaire de convertisseurs de puissance [2]. Etant donné que la puissance rotorique transitée est moindre, le coût des convertisseurs s'en trouve réduit en comparaison avec une éolienne à vitesse variable alimentée au stator par des convertisseurs de puissance.

C'est la raison principale pour laquelle on trouve cette machine pour la production en forte puissance. Une seconde raison est la possibilité de régler la tension au point de connexion de cette machine.

Cet article présente une méthode de contrôle d'une Machine Asynchrone à Double Alimentation, il est organisé comme suit : une introduction puis un modèle mathématique de l'ensemble, ensuite, la commande vectorielle et en dernier des résultats de simulations sous l'environnement Matlab/Simulink et une conclusion.

II. MODELE MATHEMATIQUE DU SYSTEME EOLIEN

Le système étudié est représenté par la figure suivante :

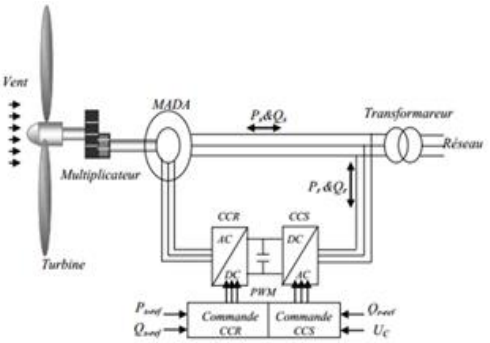


Fig. 1 Système de conversion d'énergie éolienne à base de la MADA

A. *Modéle du vent:*

La modélisation de l'éolienne exige la modélisation du vent, du comportement aérodynamique des pales, du générateur électrique, du convertisseur de puissance et du système de commande. Le vent est la variable d'entrée du système éolien. La vitesse du vent est généralement représentée par une fonction scalaire qui évolue dans le temps, V = f(t). La vitesse moyenne du vent est donnée par l'expression suivant [3]:

$$V_moy=8+0.2\sin(0.1047t)+2\sin(0.2665t)+\sin(1.2930t)+0.2\sin(3.6645t) \quad (1)$$

B. *Aérodynamique :*

Durant la recherche bibliographique, plusieurs modèles du coefficient de puissance ont été trouvés [4].

A titre d'exemple, on propose le modèle suivant :

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

C_p (λ,β)=(0.3-0.00167*β) sin[π(λ+0.1)/(10-0.3β)]-0.00184.(λ-3).β (2)

Il est clair que le coefficient de puissance dans la relation (2) est en fonction de λ et de β

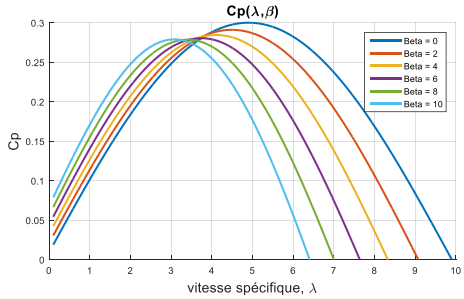


Fig. 2 Evolution du coefficient de puissance de l'éolienne pour différente angle de calage β (°).

Sur la figure (2), plusieurs courbes sont distinguées mais nous nous intéressons à celle qui possède le plus haut sommet. Cette courbe est caractérisée par le point optimal (λ_opt= 4.9,C_(p_max)= 0.3,β=0) qui est le point correspondant au maximum du coefficient de puissance (C p-max) et donc au maximum de la puissance mécanique récupérée.

On sait que la puissance produite par un vent traversant une surface S dépend du cube de la vitesse du vent V et de la densité de l'air p. Cette puissance est donnée par :

$$P_v = \frac{1}{2}\rho \cdot S \cdot V^3 \qquad (3)$$

Où : $S = \pi \cdot R^2$

R : Rayon de la turbine (longueur de pale).

La puissance mécanique disponible sur le rotor P_m est généralement exprimée en utilisant le coefficient de puissance et est donnée par :

$$P_m = \frac{1}{2}\rho \cdot S \cdot C_P(\lambda,\beta)V^3 \qquad (4)$$

Ω_1 : vitesse de rotation avant multiplicateur.

R : Rayon de l'aérogénérateur 35.25m

ρ : Densité de l'air 1.225 $Kg.m{-}1$

Compte tenu du rapport du multiplicateur de vitesse, la puissance mécanique Pm disponible sur l'arbre du générateur électrique s'exprime par :

$$P_m = \frac{1}{2}C_p\left((\Omega_2 \cdot R)/(K \cdot V_v)\right)p\pi \cdot R^2 \cdot V_v^{\,3} \qquad (5)$$

Avec :

Ω_2 : vitesse de rotation après multiplicateur.

C. *Modélisation et application de la MADA dans le système éolien :*

La machine asynchrone à double alimentation se compose principalement de deux parties. Le stator triphasé identique à celui des machines asynchrones classique, et le rotor tourne à l'intérieur de la cavité de la machine et est séparé du stator par un entrefer. En principe les circuits électriques du stator sont constitués de trois enroulements identiques couplés en étoile (ou en triangle) à la seule différence est que celui du rotor est relié aux bagues sur lesquelles glissent des balais. Cette machine peut fonctionner comme générateur ou moteur. Le stator de la MADA connecté directement au réseau et le rotor et connecté à un onduleur [5].

Pour l'application dans un système éolien, le mode de fonctionnement en génératrice est intéressant. En effet si la plage de variation de vitesse ne dépasse pas (±) 30% en de ça ou au-delà de la vitesse synchronisme, la machine est capable de débiter une puissance allant de 0.7 à 0.3 fois la puissance nominale.

Si les grandeurs électriques triphasées sont équilibrées, alors les grandeurs homopolaires sont égales à zéro. Dès lors, les transformées de Park induisent des vecteurs comportant seulement les deux composantes directe d et quadrature q

Pour les équations électriques :

$$V_{sd}=R_s.I_{sd}+(d\varphi_{sd})/dt-\varphi_{sq}\cdot\omega_0$$

$$V_{sd}=R_s.I_{sq}+(d\varphi_{sq})/dt-\varphi_{sq}\cdot\omega_0$$

$$V_{sd}=R_r.I_{rd}+(d\varphi_{rd})/dt-\varphi_{rq}(\omega_0-\omega_r)\cdot \qquad (6)$$

$$V_{rq}=R_r.I_{rq}+(d\varphi_{rq})/dt-\varphi_{rd}(\omega_0-\omega_r)\cdot$$

$$\omega_0 = d\theta_0/dt$$

ω_0 La vitesse angulaire arbitraire.

Pour les équations de flux :

$$\varphi_{ds} = L_s\, I_{ds}+MI_{dr}$$

$$\varphi_{ds} = L_s I_{ds} + MI_{dr} \qquad (7)$$

$$\varphi_{ds} = L_r I_{dr} + MI_{ds}$$

$$\varphi_{dr} = L_r I_{qr} + MI_{qs}$$

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

$L_s = I_s - m_s$ L'inductance cyclique du stator ;

$L_r = I_r - m_r$ L'inductance cyclique du rotor.

La forme générale du couple électromagnétique d'une machine asynchrone triphasée modélisée dans le repère de Park est donnée par la relation suivante :

$$C_{am} = PM_{sr}\left(i_{qs} \cdot i_{dr} - i_{ds} \cdot i_{qr}\right) \quad (8)$$

Puissances statoriques :

Dans un repère biphasé quelconque, les puissances active et réactive statoriques d'une machine asynchrone s'écrivent comme suit :

$$P_s = v_{ds} m_r + v_{qs} i_{qs}$$

$$Q_s = v_{ds} i_{qs} + v_{qs} i_{ds} \quad (9)$$

D. *Principe de fonctionnement d'un redresseur MLI.*

La structure de la cascade est celle représentée sur la figure 1. Les deux convertisseurs interposés entre le rotor de la MADA et le réseau sont de type MLI à deux niveaux, bidirectionnels en puissance. Les signaux de commande sont déterminés en appliquant la commande vectorielle à la MADA. Le convertisseur côté réseau aura le même modèle que l'autre, sauf que les signaux de commande seront déterminés en faisant un asservissement de la tension du bus continu [6].

Dans notre cas, le convertisseur connecté au rotor fonctionnera en redresseur, et celui connecté au réseau fonctionnera en onduleur. Ce qui nous permet de récupérer la puissance électrique disponible au niveau du bobinage rotorique à travers les contacts glissants et de la réinjecter dans le réseau. Ce type de convertisseur peut opérer en redresseur ou en onduleur. Quand le courant i_res est positif (Opération redresseur), le condensateur C est déchargé, et le signal d'erreur demande au bloc de commande plus d'énergie à partir du réseau, le bloc de commande prend l'énergie d'alimentation en produisant des signaux appropriés à l'amorçage des transistors. De cette façon l'écoulement de courant du côté alternatif vers le côté continu, ainsi, la tension de condensateur est récupéré. Inversement, quand i_res devient négatif (Opération Onduleur), le condensateur C est surchargé, et le signal d'erreur demande à la commande la décharge du condensateur et renvoyé l'énergie vers le réseau.

L'avantage de la commande MLI nous permet d'avoir une bonne qualité de signal (formes sinusoïdales), ramenant le contenu harmonique vers des fréquences élevées et par la suite la facilité de filtrage [7].

E. *Modèle complet du système de conversion éolien*

Le modèle complet de la chaine de conversion éolienne englobe en outre la turbine et son arbre, la MADA, un redresseur MLI, un bus continu, un onduleur MLI, un filtre et un transformateur qui assure le couplage au réseau. Ce système est assez compliqué pour la génération des lois de commande qui le gère, néanmoins il suffit de partager en parties le système et ainsi suivre le flux de transfert de puissance de la turbine jusqu'au réseau. Pour simplifier le système global un Modèle équivalent de la partie électrique dans le repère de Park sera construit.

III. SIMULATION DE LA CHAINE GLOBALE

Le schéma global d'une chaîne de conversion d'énergie éolienne connectée au réseau électrique est décrit par la figure (3).

Le système éolien a pour but de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique disponible sur un arbre de transmission, puis en énergie électrique par l'intermédiaire d'une génératrice [8].

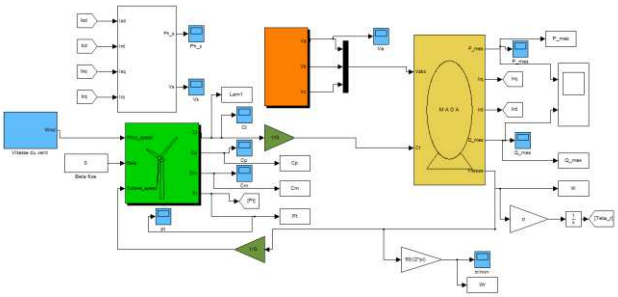


Fig.3 : structure globale de la chaine de conversion

A. *Le vent*

Nous avons simulé le modèle de profil de vent sous forme déterministe par une somme de plusieurs harmoniques. La figure 5 représente Le schéma bloc du vent étudié.

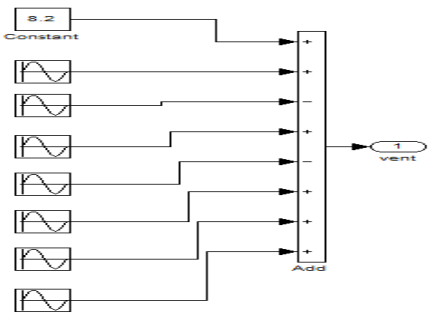


Fig. 4 Schéma bloc du vent

On rassemblant les blocs sous simulink, on a obtenu après simulation, la figue 6 de la vitesse du vent en fonction du temps, qui est un signal aléatoire, obtenu après la sommation de plusieurs signaux déterministes, tell les sinusoïdes des

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

fréquences variables. Plus la vitesse du vent est plus importante plus la tension issue de la génératrice est grande.

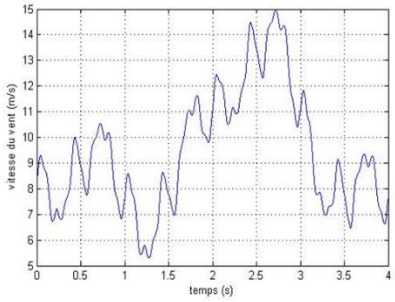


Fig. 5 Profil du vent appliqué (m⁄s)

B. *Pitch control*

Pour faire apparaite le role du controle de l'angle de calage,nous avons appliqué à la turbine un profil de vent varié

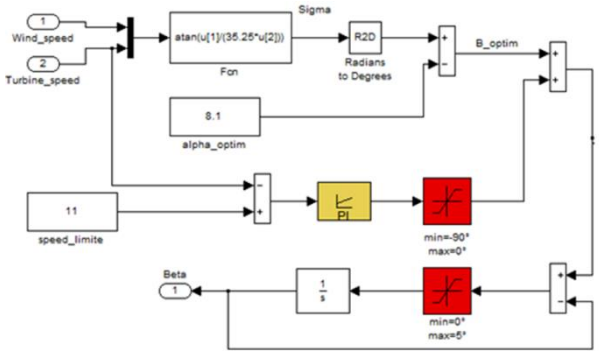


Fig. 6 Schémas bloc du pitch control

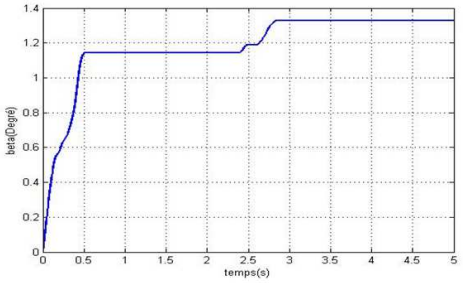


Fig. 7 la variation de l'angle de calage avec le temps

C. *Turbine*

La turbine est entraînée par une MADA, dont le schéma bloc correspondant à cette modélisation de la turbine est représenté dans la figure 8.

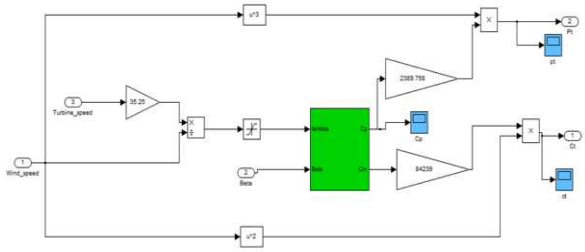


Fig. 8 Schéma bloc du modèle de la turbine éolienne (Matlab – Simulink).

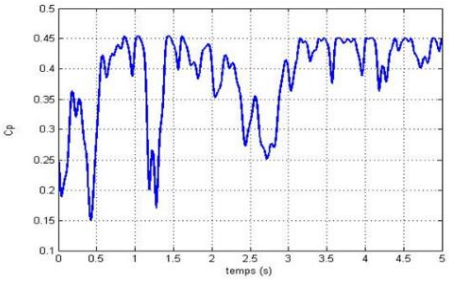


Fig. 9 Variation du Cp en fonction du temps

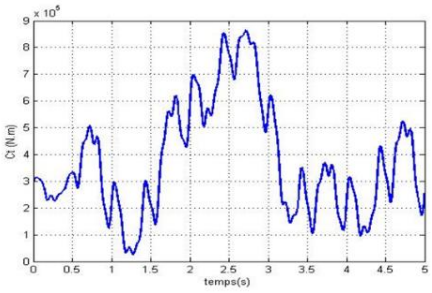


Fig. 10 Variation du couple produit en fonction du temps

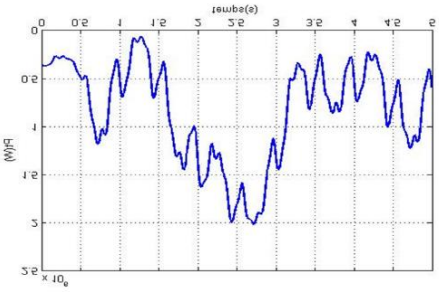


Fig. 11 Variation de la puissance produite en fonction du temps.

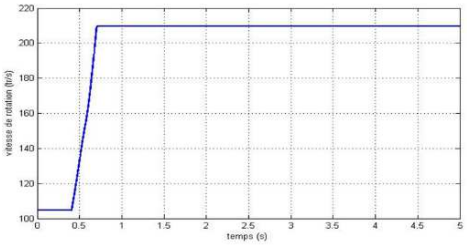


Fig. 12 Variation de la vitesse du rotor.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Le système de commande assure l'optimisation de la puissance extraite en maintenant le coefficient de la turbine à sa valeur maximale [9].

D. Association de la MADA avec un onduleur à MLI

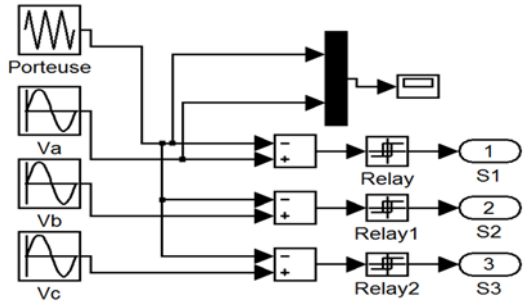


Fig. 13 Génération des Signaux de commande MLI de l'onduleur

Le signal de sortie vaut 1 si la modulante est plus grande que la porteuse 0, sinon ; le signal de sortie change donc d'état à chaque intersection de la modulante et de la porteuse

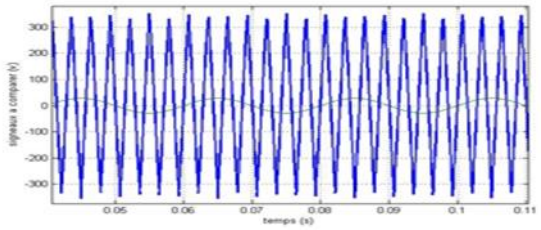


Fig 14 :représente les deux signaux à comparer (modulante et porteuse)

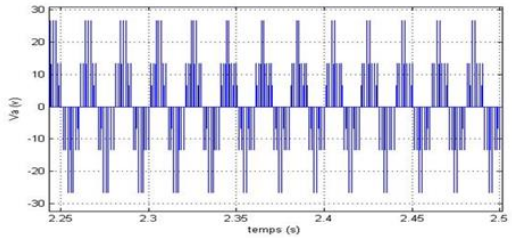


Fig. 145 Tension Va associé à un onduleur MLI

Les courants circulants dans la charge sont parfaitement sinusoïdaux (figure14) ainsi que les tensions composées (figure15).Cela montre que ce modèle d'onduleur est parfaitement adéquat pour notre application son contrôle repose sur le signal de référence et de la porteuse.

E. Machine asynchrone à double alimentation

Après avoir présenté la modélisation de la machine asynchrone à double alimentation dans un repère diphasé tournant (d-q), on fera maintenant la simulation d'une MADA fonctionnant en génératrice [10].

La figure (16) présente le schéma bloc de cette machine présentée sous MATLAB-SIMULUNK .

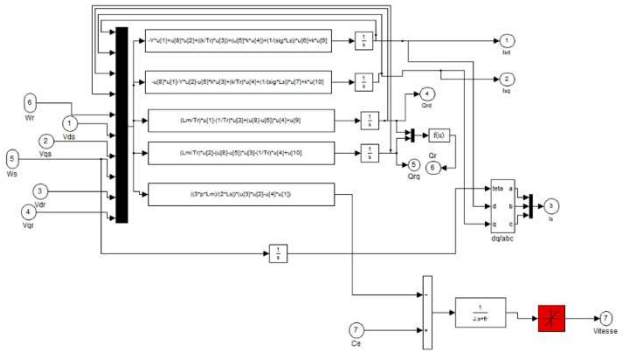


Fig. 156 Schéma bloc de la MADA en génératrice dans le référentiel (d-q)

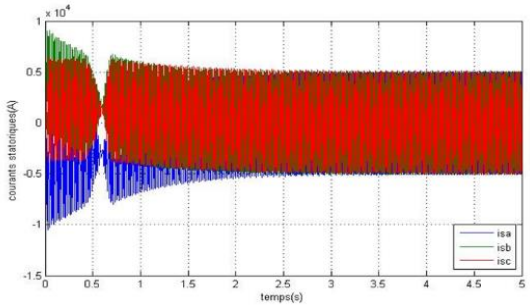


Fig. 167 Courants statoriques

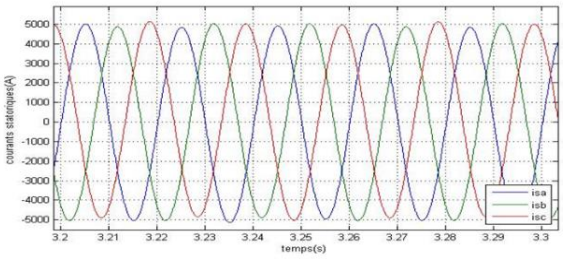


Fig. 178 Zoom sur les courants statoriques

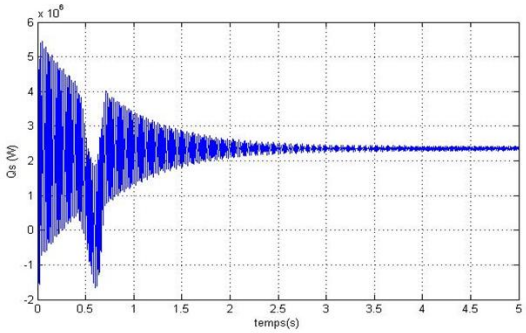


Fig. 189 Puissances réactives statoriques de la MADA

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

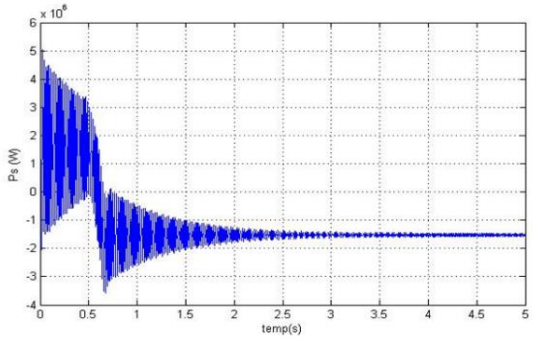


Fig. 20 : Puissances actives statoriques de la MADA

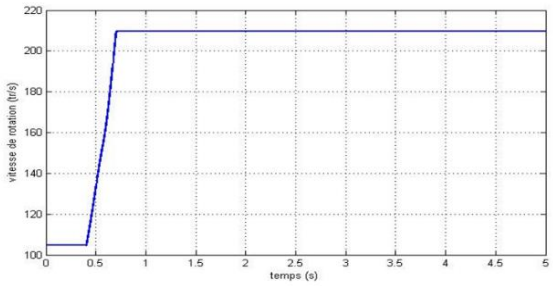


Fig. 191 : variations de la vitesse de rotation

La figure (17) montre que le courant de la génératrice asynchrone à double alimentation en phase avec la tension. L'amplitude ainsi que la fréquence s'adaptent malgré la variation de la vitesse.

On observe une dynamique qui réagit rapidement pour la puissance active et réactive du stator.la puissance active du côté statorique est négative après l'instant t=0.7s ce qui signifie que le réseau dans ce cas est un récepteur de l'énergie fournie par la MADA, la puissance réactive est négligeable, la vitesse de référence et celle mesurée sont tellement confondues qu'il impossible de les différencier et donc il y'a un suivi parfait de la référence.

IV. CONCLUSION

Cette étude a montré la possibilité de contrôle de la machine par les courants rotoriques, afin de déterminer la référence de la composante directe et en quadrature du courant rotorique à partir des puissances active et réactive. Les résultats montrent que le courant de sortie en phase avec la tension d'alimentation, en décrivant la bonne performance du système en boucle fermée en termes de suivi de trajectoire

Paramètres du système

Puissance nominale : $Pn = 4\ kW$
Tension nominale : $v/U = 220/380\ V - 50\ Hz$
La vitesse nominale : $\Omega n = 1440\ tr/min.$
Nombre de pairs de pôles : $P = 2$

Les paramètres de la turbine éolienne utilisée :
Nombre de pale: $Np = 3$
Diamètre d'une pale : $RT = 3m$ Inertie: $J = 315\ Kg.\ m2$
Les paramètres de la turbine éolienne utilisée : Nombre de pale: $Np = 3$
Diamètre d'une pale : $RT = 3m$ Inertie: $J = 315\ Kg.\ m2$
Paramètre : Résistance du stator :$s = 1.2\ \Omega$
Résistance du rotor : $Rs = 1.8\ \Omega$
Inductance stator : $Ls = 0.1554\ H$
Inductance du rotor :$Lr = 0.1568\ H$
Inductance mutuelle : $M = 0.15\ H$
Constantes mécaniques : Moment Inertie : $J = 0.2\ Kg.\ m2$
Coefficient de frottement : $f = 0.001\ N.\ m.\ S/rad$

REFERENCES

[1] Rapport, 'Le Baromètre Eolien; Systèmes Solaires, Journal des Energies Renouvelables', N°183, Union Européen, Février 2008.

[2] F. Poitiers, 'Etude et Commande de Génératrices Asynchrones pour l'Utilisation de l'Energie Eolienne', Thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes, Décembre 2003.

[3] G. Dreyfus, J. Martinez, M. Samuelides, M.B. Gordon, F. Badran et S. Thiria, 'Réseaux de Neurones: Méthodologie et Applications', Editions Eyrolles, 2002.

[4] A. Boyette, Contrôle-Commande d'un Générateur Asynchrone à Double Alimentation avec Système de Stockage pour la Production Eolienne', Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy I, Décembre 2006.

[5] G. Tapia, A. Tapia and J.X. Ostolaza, 'Proportional-Integral Regulator-Based Approach to Wind Farm Reactive Power Management for Secondary Voltage Control', IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 22, N°2, pp. 488 - 498, June 2007.

[6] A. Tapia, G. Tapia, J.X. Ostolaza and J.R. Saenz, 'Modeling and Control of a Wind Turbine Driven Doubly Fed Induction Generator', IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 18, N°2, pp. 194 - 204, June 2003.

[7] Y. Djeriri, 'Commande Vectorielle d'une MADA Intégrée à un Système Eolien', Mémoire de Magister, Université de Sidi Bel-Abbes, Décembre 2009.

[8] D. Yathley, 'Back Propagation Neural Networks for Non-Linear Self Tuning Adaptive Control', IEEE, Control Systems Magazine, Vol. 10, N°3, pp 44 - 48, January 1990.

[9] A. Meroufel*, Y. Djeriri†, A. Massoum et A. Hammoumi Commande vectorielle par les réseaux de neurones artificiels de l'énergie d'une MADA intégrée à un système éolien Revue des Energies Renouvelables Vol. 13 N°4 (2010) 669 – 682

[10] BOUDJEMA, Z , TALEB, R , DJERIRI, Y , YAHDOU, A . "A novel direct torque control using second order continuous sliding mode of a doubly fed induction generator for a wind energy conversion system". Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Science 25 (2017): 965-975

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

LE BIOGAZ SOURCE D'ENERGIE RENOUVELABLES

Cas des déchets ménagers « biodéchet »

BAICHATA MALIKA
Departement de genie civil et hydraulique
Université de TAHRI MOHAMED
BECHAR
rmalika.2007@gmail.com

Pr TAMALI MOHAMED
Department genie electriques

Université de TAHRI MOHAMED
BECHAR

Resume-

La conversion biologique de la biomasse en méthane a reçu une attention croissante au cours des dernières années, la biomasse végétale ou biodéchet a été explorée pour leur potentiel de digestion anaérobie en méthane et leur productivité ; la caractérisation de ce déchet solide a montré que cette biomasse est riche en matière organique 64.4% avec une ratio optimal de carbone/azote de 11.4,L'objectif de cette étude est de contribuer à la diminution de la quantité de déchets solides transporter à la décharge, par une digestion anaérobie humide discontinue type " batch" ,la quantité ainsi que la qualité de biogaz produit est estimé a l'échelle de laboratoire.

Mots clés biomasse,*digestion anaérobie ,humide: biodéchet , biogaz.*

I. INTRODUCTION

Lorsqu'il est question d'énergies renouvelables, on évoque le plus souvent les éoliennes, les capteurs solaires ou encore l'énergie hydraulique. Cependant, il existe d'autres solutions comme par exemple la production d'énergie à partir de la biomasse :le bois, les biocarburants ou encore le biogaz. [1]

La population des pays en développement est en pleine expansion, entrainant une augmentation des besoins alimentaires et de la production des déchets et effluents. Le recyclage de déchets participe à la lutte contre la pauvreté et à l'assainissement environnemental.

La méthanisation est un processus de digestion anaérobie permettant d'atteindre généralement un double objectif de valorisation énergétique par récupération de méthane (CH_4) et de stabilisation des déchets organiques en vue d'une valorisation matière par sa restitution partielle au sol [3]

Cette dégradation biologique implique une microflore spécialisée et diversifiée qui exige des conditions bio-physico-chimiques spécifiques et adaptées. Comme la totalité des réactions biologiques, les réactions impliquées dans la dégradation anaérobie sont réalisées en présence d'eau, c'est-à-dire en milieu aqueux [4].

La production de biogaz en Algérie Historiquement la production du biogaz en Algérie remonte à l'ère coloniale. En effet, les colons industriel sont utilisé le biogaz issu de la fermentation des déchets de bovins, conçu dans les années 50 par l'Institut National Agronomique (INA) afin de faire fonctionner leurs véhicules agricoles.

Actuellement et selon le Ministère de l'Aménagement de Territoire et d'Environnement (MATE) l'Algérie compte installer plus de 50 centres d'enfouissement technique (CET) à travers l'Algérie d'ici à 2025. Ceci va permettre le développement du service public de gestion des déchets ménagers dotés par des technologies de la valorisation des déchets et plus particulièrement la récupération de la fraction biodégradable pour la production du biogaz. En ce qui concerne la production actuelle du biogaz en Algérie aucune estimation n'a été faite à titre principal .Néanmoins, certains ont été faits à titre d'expérimentation par le Centre de Développement des Énergies renouvelables (CDER) afin de mettre en évidence la faisabilité technique de ces projets en Algérie [5].

Etapes de digestion anaérobie La technique utilisée dans les systèmes anaérobie s'appelle la digestion anaérobie ou méthanisation. C'est un processus complexe impliquant plusieurs réactions biologiques. On le décrit généralement par quatre étapes principales, impliquant quatre consortiums microbiens spécifiques interagissant les uns avec les autres. La digestion anaérobie se déroule selon une succession de quatre étapes distinctes, De cette façon, les molécules complexes sont métabolisées jusqu'à leur minéralisation, c'est-à-dire leur transformation en méthane et en CO_2. Ces étapes sont : l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse et la méthanogénèse [6].

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

La figure présente l'ensemble des voies métaboliques, avec leurs groupes de micro-organismes respectifs, en trois étapes principales : (1) l'hydrolyse et acidogenèse ; (2) l'acétogenèse et (3) la méthanogenèse.

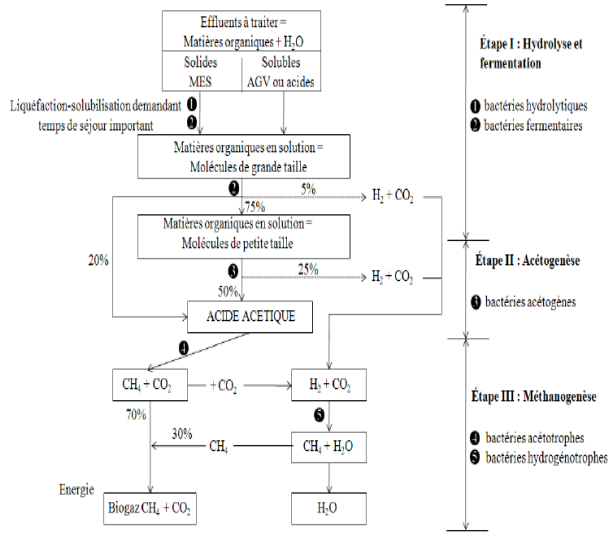


Fig. 1 Principales étapes de la digestion anaérobie et leurs groupes de microorganismes respectifs.

Les paramètres d'influence de la digestion anaérobie Anaérobioses : En l'absence d'oxygène (O_2), des bactéries dégradent partiellement la matière organique (MO) [7,8].

Les variations de température L'intensité de l'activité des micro-organismes, dont dépend la production de méthane est en fonction de la température du milieu.

Négligeable à 0°C, elle devient exploitable dés 15°C pour augmenter rapidement a partir de 20°C avec un maximum à 37-40°C pour les fermentations mésophiles (25-40°C) et a 55°C pour les fermentations thermophiles.

Le pH et TAC : Il est indispensable de maintenir le pH dans la gamme de la neutralité (6.7 – 7.4), l'optimum étant autour de 7.0 – 7.2 unités pH. Afin de maintenir le réacteur au pH optimal, celui-ci est régulé par l'ajout de saude ou de bicarbonate de sodium. Alcalinité TAC : l'alcalinité est la capacité d'un milieu à absorber un apport de protons. Généralement, on considère qu'il faut une alcalinité en bicarbonate de 1000 a 3000 mg /l exprimée en CaCO3.

AGV : Le pH est essentiellement lié à la présence d'acides gras volatils. Lors du bon fonctionnement du digesteur, la variation du pH est tamponnée par la présence des bicarbonates produits par les méthanogènes [9].

L'humidité L'eau est considérée comme un facteur déterminant dans le processus biochimique de dégradation anaérobie; les taux d'humidité optimale oscillent selon les études, entre 40 et 80 % selon les auteurs d'après [10].

La ratio C/N : Le rendement en méthane d'un substrat dépend de sa composition chimique .Le rapport C/N (C non ligneux) du substrat fermenté détermine la proposition de CH4 dans le biogaz : de l'ordre de 65% de CH4 pour un rapport C/N =8 ; de l'ordre de 52 %de CH4 pour un rapport C/N =50 [11].

Les prétraitements Les traitements mécaniques (cribles, tamis, trommel, broyage) permettent de séparer la matière organique des résidus inertes : verre, plastiques, métaux, minéraux ainsi que d'autres impuretés. Ces traitements permettent tout d'abord d'assurer le bon fonctionnement des réacteurs. De plus, ils ont pour effet de concentrer la matière organique et aussi de réduire la taille des particules, améliorant ainsi l'efficacité du procédé de méthanisation [12-15].

l'inoculum:L'ajout d'un inoculum d'ensemencement lors du démarrage des tests de biométhanisation favorise un état d'équilibre de l'ensemble du processus de digestion anaérobie.

II. Matériels et Méthode

Estimation des résidus végétaux de restaurant 8 mai 1945 de université de BECHAR :

L'estimation de bio déchet au niveau de restaurant de la résidence 8mai 1945 pour un mois de suivi a été révéler que :

La matière végétale (légumes et fruits) journalière entrante est estimé de 150Kg à 180 kg, pour 3000-3100 étudiants bénéficiant du repas, cette quantité de la matière végétale produit un résidu estimé de 40 Kg à 50 Kg par jour

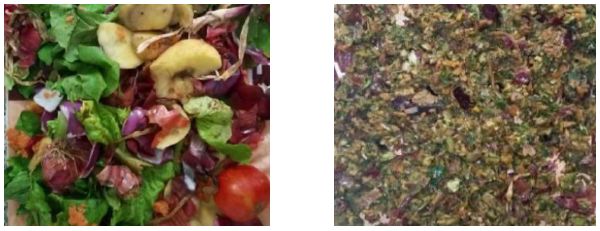
II. prelevement de biodéchet

Le substrat d'alimentation de digesteur type batch utilisé est la fraction fermentescible des ordures ménagères : déchets organiques biodégradables, ou biodéchets (déchets de cuisine et restauration) ; elles sont récupérés sur le lieu de prés collecte sélectif des restaurations de université de Béchar.

II. 2 Prétraitement mécanique de substrat (bio déchet)

Le bio-déchet récupérés est séché a l'air pendant une nuit puis suivi d'un traitement mécanique pour réduire la granulométrie (la taille des particules organiques de 2cm a 5cm) au moyen d'un broyeur électrique puis homogénéiser (figure1) enfin le biodéchet est humidifié, cette humidité est acquise grâce à l'ajout de l'eau. Le substrat est inoculé à l'aide d'une quantité des bouses de vache ; au milieu de la fermentation le pH bas est corrigé par l'adition de la chaux éteinte local afin que la fermentation méthanique ne soit pas inhiber.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334



bio déchet avant le broyage bio déchet après le broyage

figure1 *Prétraitement de bio déchet*

Fig.3 digesteur de capacité de 120L

Détermination de La matière sèche (MS)

La matière sèche (MS) ou matières volatiles sèches (MVS) : Il s'agit principalement de la détermination de la matière sèche (MS) par la méthode empirique est généralement basée sur le principe de quantification gravimétrique (séchage a 105°c pendant 24heures) Norme NF XP X30-408

Determination de La masse volumique apparente (ρ)

La masse volumique apparente (ρ) correspond à la masse de l'unité de volume à l'état sec. La mesure de 'ρ' Elle est déterminée en appliquant la formule suivante $\rho=m/V$

Détermination du pH, de la conductivité La mesure du pH et la conductivité est réalisée selon la norme internationale NF EN 27888.
Le pH est détermines par la méthode potentiométrique d'une électrode combinée (Consort 861)
La Conductivité électrique (λ) est la mesure de la concentration des ions solubles afin d'apprécier la salinité du substrat . Elle est mesurée par le conductimètre et elle est exprimée en (mS/cm).

Détermination de l'azote total (azote de kjeldahl) (NTK)

Dosage de l'Azote Organique par la Méthode KJELDAHL consiste à transformer l'azote organique en azote minéral (minéralisation), puis à déplacer l'ammoniac du sel d'ammonium obtenu (distillation) puis le neutraliser par une solution acide de titre connu (dosage).

Détermination de la matière organique(MO)

La détermination de la matière organique (la matière volatile (MV)) permet la quantification de la matière organique dans les déchets ; une méthode gravimétrique également basée sur la perte de masse d'un échantillon sec (échantillon issu de la détermination de la MS) après calcination dans un four à moufle à 550°C pendant 4 heures Norme NF U 44-160.

Détermination de carbone total (COT)

La détermination du Carbone Organique Total (COT) nous permet d'évaluer la quantité de matière organique présente dans des échantillons solides. La détermination de carbone total est basé sur méthode Walkley-Black modifiée par dosage du carbone organique dans les sols agricoles de code MA. 1010 – WB 1.0

Le contrôle du pH a été effectué les premiers jours de la fermentation, la chute du pH a été équilibrée en chaulant le digesteur par une solution de chaux éteinte commercial local.

La température : la température maintenu à 37ºC dans le domaine mésophile.

Description prototype de digesteur au niveau de laboratoire

L'expérience a été réalisé dans deux essais ; dans chaque essais un erlenmeyer est remplie de substrat homogénéisé de tel façon que le (2/3) est remplié et le 1/3 de volume reste vide, on assure l'anaérobiose par un bouchon de silicone muni d'un trou dans le centre. Le premier erlenmyer est raccorder par un tuyau vers une chambre à air pour faire un test d'inflammabilité et l'analyse qualitatif de biogaz produit, le deuxième erlenmyer est raccordé par un tuyau vers une éprouvette graduéé remplie d'eau acidifier pour suivre la production journalière de biogaz cumulé fig 2

On a procédé une agitation magnétique de deux heure chaque jours afin d'homogénéiser le substrat.

Figure 9: Description prototype au niveau da laboratoire

III. Résultats Et Discussion

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

TABLEAU 1

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DE BIO DECHET (RESIDUS VEGETALES)

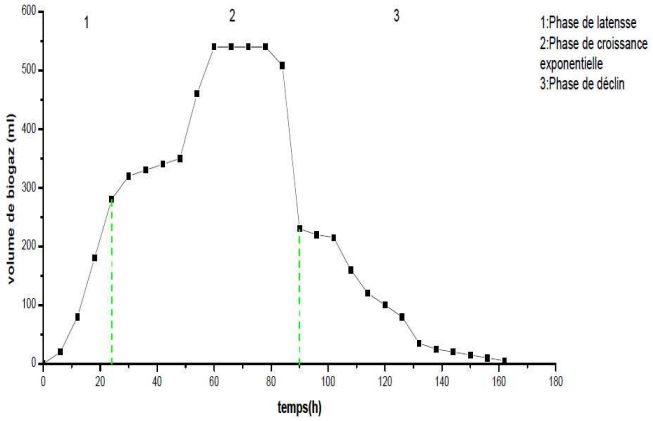
Parameters	***Résultats***	***Unité***
MS	21	%
Matière Minéral (MM)	35.6	%
MO	64.4	%
C (COT)	37.4	%/MS
N (NTK)	3.33	%/MS
P	370	Kg/m^3/MS
Λ	13500	µs/cm/MS
pH	6.49	/MS
C/N	11.4	

D'après les résultats de caractérisation physico-chimique de substrat (biodéchet) est riche en matière organique et les sels minéraux (MO 64.4%) avec une teneur en l'azote de 33,2 mg/g, avec un faible taux de l'azote total. avec une ratio optimal de carbone/azote de11.4. le test d'inflammabilité est positif figure

Figure 22: test d'inflammabilité

l' analyse de biogaz dans la chambre a air est effectue a l'aide d'un analyseur (Geotech GEM 5000) ; l'analyse de biogaz cumulé a dévoilé que le biogaz contient 40 % de CH_4 et 59% de CO_2 donc nous recommandons des filtres d'adsorption pour une réduire la quantité de CO_2 dégagé.

Le cinétique de la production de la quantité de biogaz cumulé est suivi par la lecture directe de eau verse de l'éprouvette graduée équivalente a la quantité de biogaz dégagé en fonction du temps, donc d'après ses résultats on obtient le graphe suivant :



Graphe1 : cinétique de la Production de biogaz cumulé

A partir de graphe on peut distinguer trois phases :

phase 1 : c'est la phase latence :

- Les bactéries sont adapté au nouveau milieu et se développe ; le temps est de 24 h pour une production croissante en fonction du temps

phase 2 :c'est la phase de croissance exponentielle :

- Bactéries mésophiles ont une activité métabolique optimale. La production de biogaz accumulé est régulière avec un taux de 90 ml /h

Phase 3 :c'est la phase déclin :

Arrêt de croissance, l'épuisement de substrat la production est on décroissance jusques l'arrêt total.

On estimé Vtotal=6153ml durant six jours, donc le temps de séjour est de six jour avec un taux de production moyen de biogaz est 150ml /MS

IV CONCLUSION

La biomasse est une des plus abondantes sources de carbones renouvelables et aura un rôle prépondérant à jouer dans la production d'énergie dans le futur.

La technologie du biogaz repose sur un concept de recyclage des déchets lors duquel la masse organique est convertie par fermentation méthanique en énergie (méthane : CH_4) simple, propre et prête à satisfaire un grand nombre de besoins énergétiques de manière totalement décentralisée [21].

La biométhanisation pour le traitement et la valorisation énergétique des déchets

Le potentiel de production de biogaz a partir de biomasse local et avec un digesteur familial peut être une source de

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

l'énergie durable de la société mais il reste que la fermentation anaérobie dépend de plusieurs paramètres tel que la source de substrat, la température, l'agitation…. etc

REFERENCES

[1] Bouhadiba B,Mezouri F,KehilaY,Matejka G(2010) For an integrated Management for Municipal solid wast in Algeria.Systemic and Methodological Approaches.International Review of chemical Engineering- rapid Communication 2 (3):426-429.

[2] Brahim Djemaci . Recyclage des déchets à travers un système de consigne : Cas des bouteilles en plastique en Algérie ,Université de Rouen, Centre d'analyse et de recherche en économie (CARE), France

[3] Joseph o., Rouez m., Métivier-Pignon h., Bayard r., Emmanuel e., Gourdon r. Adsorption of heavy metals on to sugar cane bagasse: Improvement of adsorption capacities due to anaerobic degradation of the biosorbent. Environmental Technology, 2009, vol. 30, n° 13, pp. 1371-1379.

[4] Moletta,R. et Cansell,F.,(2003).Méthanisation des déchets organiques :Etude bibliographique,RECORD :193.

[5] Laskri N, Hamdaoui O, Nedjah N.,Traitement et valorization des déchets par procédé de digestion anaérobie :production du biogaz. Revue des Energie renouvelables CER'07 Oujda (2007) 23-26.

[6] Godon,J.J.(2008).Aspects biochimiques et microbiologiques de la méthanisation. In Moletta,R.,La méthanisation (chp.3,p.61-85) .Paris, Les Editions Eugen Ulmer,120 p.

[7] Chynowetha D.P., Owensa J.M., Legrand R. (2002). Renewable methane from anaerobic digestion of biomass. Renewable Energy 22, p. 1-8.

[8] Karagiannidis,A., Perkoulidis,G. (2009).A multi-criteria ranking of different technologie for the anaerobic digestion for energy recovery of the organic fraction of municipal solid wastes.Bioesource Technology 100 (2009) 2355-2360.

[9] Bitton,G., (1994).wastewater microbiology,Wiley-Liss Editor ,New York.

[10] [Aguilar-Juarez,O. Analyse et modélisation des réaction biologiques aérobies au cours de la phase d'exploitation d'un casier d'un centre d'enfouissement technique.These de doctorat spécialité Génie des Procédés,INSA de Toulouse,2000 ,233 p.

[11] Bertran de La Farge,Le biogaz : Procédés de fermentation méthanique, Masson, Toulouse,1995, 80 pages ,

[12] Angelidaki I., Ahring B. K. Methods for increasing the biogas potential from the recalcitrant organic matter contained in manure. Water Science and Technology, 2000, vol. 41, pp. 189-194.

[13] Forster-Carneiro, T., Perez, M. et Romero, L.I., (2008), Anaerobic digestion of municipal solid wastes: Dry thermophilic performance. Bioresource Technology 99: 8181-8184.

[14] Izumi, K., Okishio, Y.K., Nagao, N., Niwa, C., Yamamoto, S. et Toda, T., (2010),Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste. International Biodeterioration and Biodegradation 64: 601-608.

[15] Pommier, S., Manas Llamas, A. et Lefebvre, X., (2010), Analysis of the outcome of shredding pretreatment on the anaerobic biodegradability of paper and cardboard materials. Bioresource Technology 101: 463-468.

[16] Benkadour O.,Ghezal K. (2007).Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe du Turonien de Ouakda-Bechar (SW algérien),CU Bechar,80 p.

[17] Chawakitchareon P., (1990).Etude descriptives de décharge de déchets et recherche de critères permettant d'estimer le potentiel méthanique des ordures ménagères et/ou d'orienter leur traitement. Thèse de DEA de l'INSA,Toulouse,Université de Chulalongkom,Bankok,Thailande.

[18] Degrémont , 'Mémento Technique de l'Eau', 10ème Ed, Tome 1. Lavoisier, p.535- 536, 2005

[19] Makhoukh M , Sbaa M ,Berrahou A , Van.Clooster M .Contribution a l'etude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental) Larhyss journal ,2011 ; 09 pp.149-169

[20] Centre d'expertise en analyse environnementale du Quebec. Détermination de la demande chimique en oxygène : méthode de reflux en système fermé suivi d'un dosage par colorimétrie avec le bichromate de potassium, MA. 315 – DCO 1.1, Rév. 4, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 2016, 12 p.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Emissions BF des chargeurs commandés par régulateur à Hystérésis embarqués dans les véhicules électriques hybrides rechargeables (V.E.H.R)

L. BESSOLTANE[#], Z. AZZOUZ[*], D. TOUMI[#]

[#]*Faculté de Sciences Appliquées, Université Ibn Khaldoun, Tiaret.*
bess_oltan@yahoo.fr,toumi_dj@yahoo.fr
[*]*Laboratoire de développement des entrainements électriques -Université des Sciences et de la Technologie d'Oran «MB»*
zinazzouz@yahoo.fr

***Résumé*— Nous abordons dans ce papier l'étude CEM (compatibilité électromagnétique) des chargeurs de batteries des véhicules électriques hybrides rechargeables (VEHR). Aussi, nous intéressons aux composantes basses fréquences (BF) des courants harmoniques absorbés par ces dispositifs. Nous abordons également dans cet article les structures des chargeurs (ainsi que leurs stratégies de commande) les plus adoptées dans les VEH. Une attention particulière (du point de vue CEM) est réservée aux chargeurs à MLI triphasés à deux niveaux et NPC à trois niveaux, utilisant la technique de contrôle par hystérésis des courants prélevés sur le réseau avec un réglage classique (PI). L'analyse CEM que nous proposons est basée sur la comparaison des amplitudes des courants harmoniques des structures étudiées par rapport aux valeurs autorisées par les normes CEM en vigueur. A l'issue de cette comparaison, nous préconisons des solutions en faveur d'une meilleure CEM.**

***Mots clés*— CEM, VEHR, chargeur à deux niveaux, chargeur à trois niveaux, commande MLI, régulateurs à Hystérésis.**

I. INTRODUCTION

Les technologies de VEH se divisent en trois catégories, dépendant du niveau d'assistance du moteur électrique. On parle alors de chaînes de traction Micro-hybride, Mild-hybride et Full-hybride.

Le véhicule électrique hybride rechargeable (VEHR) est une variante de la technologie Full-hybride [1]. La nouveauté de cette technologie est de permettre la recharge de la batterie sur une source électrique via des chargeurs. Ces derniers doivent répondre aux normes CEM qui limitent les interférences électromagnétiques (I.E.M), l'injection d'harmoniques et de courants continus dans les réseaux électriques [2] [3]. D'autre part, ils doivent s'assurer un courant absorbé avec le minimum d'impact sur la qualité d'énergie et un facteur de puissance élevé afin de maximiser la puissance réelle disponible [4].

II. CONTRAINTES NORMATIVES ET CEM

Au niveau international, des travaux de normalisation du VEH ont été entrepris depuis de nombreuses au sein des comités de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) [1] qui englobent les constructeurs automobile et les spécialistes dans le domaine du génie électrique notamment l'électrotechnique.

D'autre part, pour pallier aux problèmes de pollution électromagnétique (EM) liés à l'utilisation des équipements connectés au réseau de distribution, des organismes de normalisation internationaux ont été institués afin de préserver la qualité d'énergie électrique. Ainsi, la CEI et l'IEEE (« Institute of Electrical and Electronics Engineers ») sont les deux principaux organismes de normalisation internationaux dans le domaine de l'électrotechnique. Ils s'occupent de l'activité de normalisation CEM au niveau mondial [6] [7].

Les chargeurs des batteries des VEHR, connectés directement au réseau électrique, absorbent un courant supérieur à 16 A_{rms} [1] [4], ce qui nous ramène dans ce cas à la norme CEI 61000-3-12. En effet, cette dernière est applicable aux appareils connectés aux réseaux publics BT et MT ayant un courant absorbé supérieur à 16 A_{rms} et inferieur ou égal à 75 $\mathrm{A_{rms}}$ par phase [6]. Cette norme décrit les limites d'émissions autorisées des courants harmoniques, par le taux de distorsion harmonique (THD) et le rapport de distorsion harmonique pondérée partielle (PWHD: «Partial Weighted Harmonic Distortion ») [8] [7] [2]:

$$PWHD = \sqrt{\sum_{h=23}^{100} h\left(\frac{i_h}{i_{sc}}\right)^2} \qquad (1)$$

i_h : Amplitude de l'harmonique au rang h.

i_{sc} : Courant de court-circuit

Le PWHD est utilisé pour fournir une marge permettant à certaines harmoniques d'ordre élevé de dépasser les limites spécifiées, tout en garantissant que l'effet des harmoniques d'ordre élevé ne dépasse pas les limites acceptables:

Le tableau I représente les limites d'émissions de courants harmoniques des équipements BT triphasés équilibrés spécifiés par la norme CEI 61000-3-12 classe A [2].

Les valeurs relatives d'harmoniques paires d'ordre 12 ou moins doivent être inférieures à $16/n$ %. Les harmoniques paires de plus d'ordre 12 sont prises en compte dans les

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

valeurs de THD et PWHD comme pour les harmoniques impaires [2].

TABLEAU I
LIMITES D'EMISSIONS DE COURANTS HARMONIQUES SPECIFIES PAR LA NORME CEI 61000-3-12

Minimum R_{sce} 'Short circuit ratio'	**Courant acceptable individuel d'harmonique I_n/I_1%**				**Taux de courant maximal d'harmonique %**	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	THD	PWHD
33	10.7	7.2	3.1	2	13	22
66	14	9	5	3	16	25
120	19	12	7	4	22	28
250	31	20	12	7	37	38
≥ 350	40	25	15	10	48	46

III. CHARGEURS EMBARQUES DANS LES VEHR

Les chargeurs de batterie peuvent être classés selon leurs emplacement par rapport au véhicule électrique (VE) : embarqués (installés à l'intérieur du VE) ou non embarqués (installés à l'extérieur du VE) [5] [9] [4].

Il faut savoir, que depuis les années 90 les chercheurs se sont orientés vers des chargeurs embarqués qui utilisent l'onduleur de traction et les enroulements du moteur, ce qui permet de s'acquitter des inductances de filtrage supplémentaires en entrée afin de réduire le nombre de composants du système. Cependant cette structure présente des contraintes supplémentaires en termes de CEM [1] [10].

Nous avons fait le choix dans ce travail, de présenter uniquement des architectures des chargeurs triphasés bidirectionnels embarqués. La Fig. 1 montre un schéma simple d'une architecture parallèle d'un VEHR en intégrant le moteur de traction dans le chargeur de batterie [9] [10].

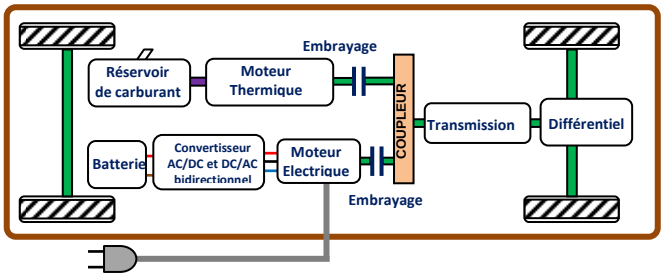


Fig. 1 Architecture d'un VEHR intégrant le moteur de traction dans le chargeur de batterie

On distingue deux types de mode de charge à savoir la charge lente pour le cas d'un réseau monophasé et la charge rapide pour un réseau triphasé. Dans le cas d'une alimentation par un réseau monophasé, l'idée est d'utiliser deux bras de l'onduleur de traction côté réseau en redresseur. Le troisième bras de l'onduleur fonctionne en hacheur série, l'enroulement du moteur est utilisé en tant qu'inductance de filtrage [1] [5].

IV. TOPOLOGIE ET COMMANDE D'UN CHARGEUR TRIPHASE A PRELEVEMENT SINUSOÏDAL

Plusieurs structures des convertisseurs AC/DC à prélèvement d'un courant sinusoïdal ont été développées et présentées dans la littérature [11] [12] [13] à savoir :

- la structure de redresseur suivi d'un hacheur Boost (Correction du facteur de puissance 'PFC').
- la structure de redresseurs à injection de courant.
- le redresseur de VIENNA.
- le redresseur à Modulation de Largeur d'Impulsions (MLI).

Les topologies des chargeurs les plus répandues dans les applications à prélèvement sinusoïdal sont les redresseurs de tension à MLI. Leur réversibilité en puissance les rend très populaires surtout dans les VEHR car ils peuvent être utilisés en redresseur dans le mode recharge de batterie et en onduleur dans le mode de traction [9] [11] [12].

Plusieurs logiques de commande sont envisageables pour cette topologie. Nous nous sommes intéressés dans ce travail à la commande par hystérésis d'un chargeur à MLI triphasé à deux niveaux et NPC à trois niveaux.

IV.1. CHARGEUR A DEUX NIVEAUX COMMANDE PAR UN REGULATEUR A HYSTERESIS

La structure globale d'un chargeur triphasé, à MLI deux niveaux à contrôle par hystérésis des courants prélevés sur le réseau par un pont redresseur de tension, est présentée sur la Fig. 3 [11] [13] [14].

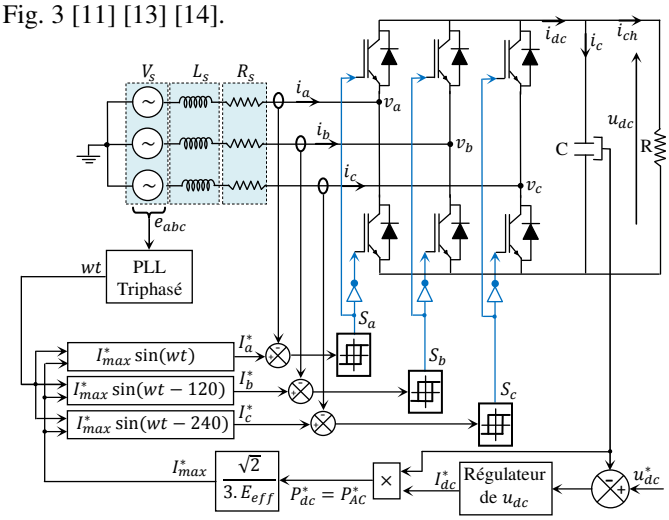


Fig. 2 Structure globale d'un chargeur triphasé à 2 niveaux commandé par régulateur à Hystérésis

Les trois courants $i_{abc}(t)$ sont contrôlés à l'aide de trois comparateurs à hystérésis à bande fixe. L'ensemble des trois sorties de ces comparateurs détermine les ordres de commande des interrupteurs constituant le pont.

Cette structure comprend deux boucles de régulation en cascade: la boucle externe qui contrôle la tension 'u_{dc}' et la boucle interne qui contrôle les courants triphasés 'i_{abc}'.

Les tensions $e_{abc}(t)$ permettent d'écrire la relation entre les courants $i_{abc}(t)$ et les tensions de phase $v_{abc}(t)$ [11]:

$$v_a(t) = e_a(t) - L_s\frac{di_a(t)}{dt} - R_s i_a(t) \quad (2)$$

$$i_a(t) = \frac{1}{L_s s + R_s}\left(e_a(t) - v_a(t)\right) \quad (3)$$

Le courant à la sortie du pont est exprimé par [5]:

$$i_{dc} = C\frac{du_{dc}}{dt} + i_{ch} \quad (4)$$

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

D'où :

$$u_{dc} = \frac{1}{Cs}(u_{dc} - i_{ch}) \quad (5)$$

Les figures 3-a et 3-b montrent le principe de contrôle du courant i_{abc} et de la tension u_{dc} respectivement en utilisant les équations (3) et (5) [15] [12].

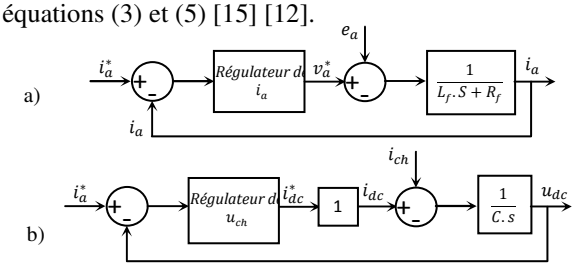


Fig. 3 Structure et principe du contrôle de contrôle a) du courant i_{abc} b) de la tension u_{dc}

La commande par hystérésis consiste à contrôler le courant prélevé par le redresseur pour le maintenir dans une bande, fixe à deux niveaux, de largeur ΔI enveloppant sa référence. Chaque violation de cette bande donne un ordre de commutation aux interrupteurs. Son principe (Fig. 4) consiste à établir la différence (ε_{abc}) entre le courant de référence i^*_{abc} et le courant absorbé par le chargeur i_{abc_mes}. Cette erreur est ensuite comparée à une bande d'hystérésis afin de fixer les ordres de commande des interrupteurs [7] [14].

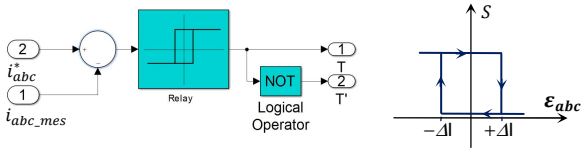


Fig. 4 Principe de contrôle du courant par hystérésis pour un chargeur à 2 niveaux

L'algorithme de cette stratégie est le suivant [14]:

Si $i^*_k - i_{k-mes} > +\Delta I \quad \Rightarrow S_k = 0$, *(k les phases a, b ou c)*

Si $i^*_k - i_{-mes} < -\Delta I \quad \Rightarrow S_k = 1$

Si $\quad -\Delta I < i^*_k - i_{k-mes} < +\Delta I \quad$ et $\quad d(i^*_k - i_{k-mes})/dt < 0$ $\Rightarrow S_k = 1$

Si $\quad -\Delta I < i^*_k - i_{k-mes} < +\Delta I \quad$ et $\quad d(i^*_k - i_{k-mes})/dt > 0$ $\Rightarrow S_k = 0$

Le rôle de la boucle de régulation de la tension u_{dc} est de maintenir cette tension à une valeur de référence constante.

Un régulateur de type PI est souvent utilisé pour la régulation de tension u_{dc}. Le principe de cette boucle de régulation est illustré à la Fig. 5 [11] [12] [13] [15].

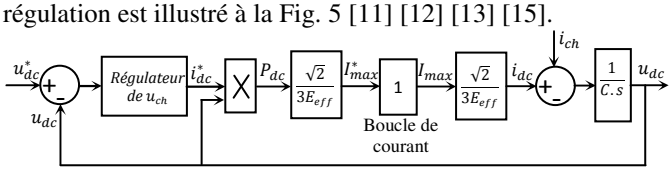


Fig. 5 Schéma bloc de la boucle de régulation de la tension du bus continu

A noter que pour mettre en évidence cette technique dans un contexte CEM, nous avons utilisé MATLAB/Simulink. Les paramètres de simulation sont consignés dans le tableau II.

TABLEAU II
PARAMETRES DE SIMULATION

Paramètres et Symboles	Valeurs
Résistance de la charge (R_{ch})	85 Ω
Capacité du bus continu (C)	$2000\mu F$
Résistance du filtre de raccordement (R_f)	0.3 Ω
Inductance du filtre de raccordement (L_f)	$14\ mH$
Fréquence de la tenion alternative (f)	$50\ Hz$
Valeur efficace de la tenion alternative (E_{eff})	$220\ V$
Paramètres du régulateurs IP (K_P), (K_I)	0.8672 169.375
Tension de référence (u^*_{dc})	$620\ V$
Limites de la bande hystérésis ($\pm\Delta I$)	$0.03\ A$

Les figures 6, 7 et 8 illustrent respectivement la tension u_{dc}, le courant prélevé par le chargeur et son spectre fréquentiel.

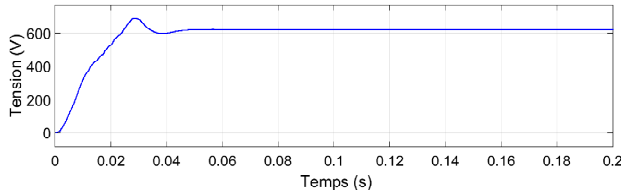


Fig. 6 Tension du bus continu (structure deux niveaux)

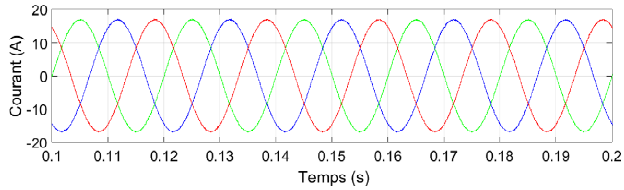


Fig. 7 Courant absorbé par le chargeur (structure deux niveaux)

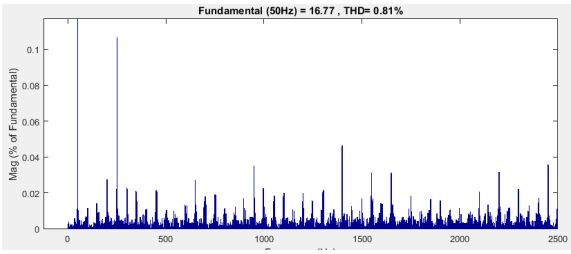


Fig. 8 Spectre d'harmoniques du courant absorbé par le chargeur (structure à deux niveaux)

IV.2. CHARGEUR MLI NPC A 3 NIVEAUX, COMMANDE PAR UN REGULATEUR A HYSTERESIS

Le chargeur à MLI NPC triphasé à trois niveaux est la structure de chargeur la plus répandue dans le marché des VEH. Le principe de ces structures est illustré à la Fig. 9 [1] [16].

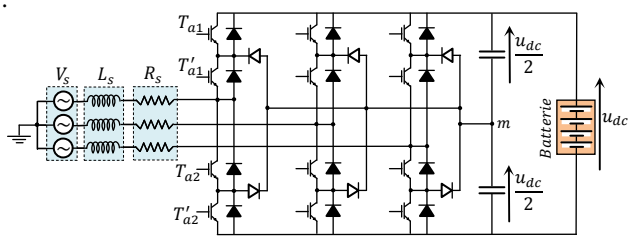


Fig. 9 Chargeur MLI NPC triphasé à 3 niveaux

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Par ailleurs, dans la littérature plusieurs stratégies de commandes du redresseur MLI NPC à 3 niveaux sont développées. Aussi, dans ce travail nous avons adopté la technique de contrôle du courant prélevé par un régulateur à hystérésis. Cette commande consiste à contrôler le courant pour le maintenir dans une bande comporte trois niveaux de largeur ΔI (Fig. 10) [14].

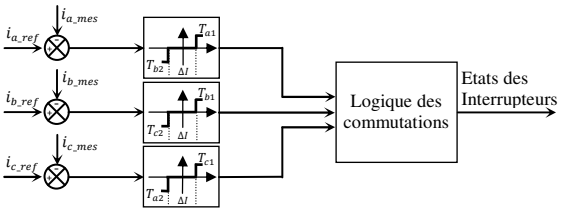


Fig. 10 Principe de contrôle du courant par hystérésis pour un chargeur NPC à 3 niveaux

Le principe de contrôle du courant illustré à la figure 10 nous permet de créer les séquences des vecteurs de commande suivantes [14]: [1100], [0110] et [0011].

Dans les figures 11, 12 et 13, nous présentons respectivement les variations temporelles de la tension u_{dc}, et du courant absorbé par le chargeur ainsi que son spectre d'harmoniques.

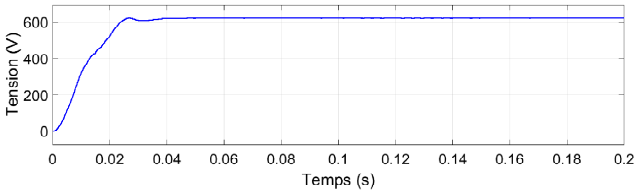


Fig. 11 Tension du bus continu (Structure NPC 3 niveaux)

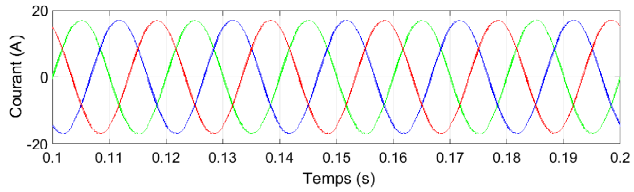


Fig. 12 Courant absorbé par le redresseur (Structure NPC 3 niveaux)

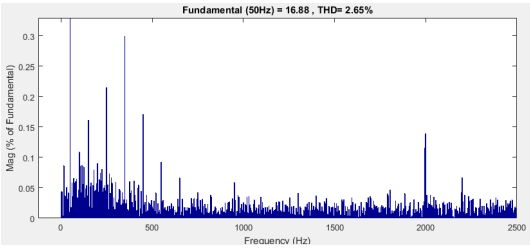


Fig. 13 Spectre d'harmoniques du courant absorbé par le chargeur (Structure NPC 3 niveaux)

D'après les résultats obtenus, nous constatons en premier lieu que la tension à la sortie du chargeur atteint la tension de référence désirée (tension nécessaire pour charger la batterie de VEH) pour les deux structures étudiées, ce qui montre la fiabilité de la boucle de régulation de la tension de bus continu u_{dc}. D'autre part, l'analyse des allures temporelles et fréquentielles du courant absorbé par le chargeur de batterie montre que le courant absorbé est proche du sinus et que son THD est égal à 0.83% pour la structure de 2 niveaux et à 2.65% pour la structure NPC à 3 niveaux ce qui répond parfaitement aux exigences de la norme internationale CEI 61000-3-12.

V. Conclusion

Dans cette étude, nous avons présenté deux topologies des chargeurs embarqués dans les VEH utilisant la technique de contrôle par hystérésis du courant absorbé. Cette technique présente de nombreux avantages liés à la simplicité de son implémentation, au temps de réponse réduit en régime dynamique, et à une précision et une stabilité satisfaisantes.

D'après les résultats obtenus, nous préconisons l'utilisation des techniques de commande avancée, telle que la commande par hystérésis, pour les chargeurs des VEHR afin de respecter les normes CEM basse fréquence spécifiques à ces dispositifs.

References

[1] M. Marzouk "Développement de chargeurs intégrés pour véhicules hybrides plug-in", Thèse Doctorat, université Grenoble, Octobre 2015.

[2] Journal officiel de l'Union Européenne, "Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules en ce qui concerne la compatibilité électromagnétique", 2012.

[3] A. Hanna Nohra "Commande de Filtres Actifs Parallèles sur un Réseau Fortement Perturbé" Thèse Doctorat, Université Saint -Joseph, Toulouse, Janvier 2017.

[4] Y. Murat, T. Philip "Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles", IEEE Trans. on power electronics, vol. 28, n°5, 2012.

[5] S. LACROIX "Modélisation et commande d'une chaîne de conversion pour véhicule électrique intégrant la fonction de charge des batteries", Thèse Doctorat, Université Paris-Sud, Mai 2013.

[6] EMC limits for harmonic currents of equipment connected with input current >16A and <75A per phase, IEC61000-3-12, 2004.

[7] N. MESBAHI "Contribution à l'Etude des Performances des Onduleurs Multiniveaux sur les Réseaux de Distribution", Thèse Doctorat, Université Badji Bokhtar, Annaba, 2014.

[8] M. Messaoudi "Stratégie de modulation pour la réduction des perturbations conduites générées par un variateur de vitesse à redresseur MLI", Thèse Doctorat, Ecole Doctorale Sciences pour l'Ingénieur, Université Lille 1, Décembre 2015.

[9] S. Haghbin "An Isolated Integrated Charger for Electric or Plug-in Hybrid Vehicles", University of Technology Goteborg, Sweden, 2011.

[10] S. Haghbin "Integrated Motor Drives and Battery Chargers for Electric or Plug-in Hybrid Electric Vehicles", Thesis for the degree of doctor of philosophy, University of Technology Gothenburg, Sweden, 2013.

[11] A. Bouafia, "Techniques de commande prédictive et floue pour les systèmes d'électronique de Puissance: application aux redresseurs a MLI", Thèse Doctorat, université Ferhat Abbas – Sétif, Algérie, 2010.

[12] N. Belhaouchet "Fonctionnement à Fréquence de Commutation Constante des Convertisseurs de Puissance en Utilisant des Techniques de Commande Avancées Application : Amélioration de la Qualité de l'Energie", Thèse Doctorat, Université Ferhat Abbas-Setif, 2011.

[13] Y. Touzani "Commande aléatoire du convertisseur Buck-Boost triphasé à prélèvement sinusoïdal du courant", Thèse Doctorat, Université Blaise Pascal, Marseille, Juillet 2006.

[14] A. Dwivedi, A.N. Tiwari "Analysis of three-phase PWM rectifiers using hysteresis current control techniques: a survey", International Journal of Power Electronics, Vol. 8, N°. 4, January 2017.

[15] A. Chaoui "Filtrage actif triphasé pour charges non linéaires", Thèse Doctorat, Université Ferhat Abbas-Setif, Algérie, Octobre, 2010.

[16] Y. Loubna "Contribution à l'étude, la modélisation et la commande des redresseurs triphasés non-polluants: application au convertisseur trois-niveaux à point neutre calé", Thèse Doctorat, école de technologie supérieure, université du Québec, 2004.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Stratégie de contrôle du raccord au réseau du générateur photovoltaïque

Habbati Bellia Assia[#1], Moulay Benine Fatima[*2]

[#] *ENERGARID Laboratory, Tahri Mohamed University*
Bechar, 08000, Algeria
[1]bellia_abdeljalil@yahoo.fr

[*]*SIRECOM Laboratory, Djilali Liabes University*
Sidi Bel Abbes 22000, Algeria
[2]Moulay Fatima66@yahoo.fr

***Abstract*— La GD avec ses différents types ne cesse de s'intégrer dans le réseau électrique à travers le monde selon la particularité géographique et la disponibilité des ressources de chaque pays. Les gestionnaires des réseaux électriques des pays pionniers dans l'intégration de la GD ont établis des normes et des recommandations pour raccorder la GD au réseau. Dans notre article, nous allons nous intéresser particulièrement à l'énergie photovoltaïque (PV).**

Malgré les avantages qu'apporte l'énergie photovoltaïque aux systèmes électriques et aux consommateurs, la fluctuation de la puissance de sortie des systèmes PV en raison de la variation rapide de l'éclairement solaire cause quelques problèmes opérationnels. [1], [2]. Cet article, présente la stratégie générale de contrôle du raccord au réseau du générateur PV.

***Keywords*— photovoltaique, MPPT, Include at least 5 keywords or phrases**

I. INTRODUCTION

Le générateur PV est le dispositif responsable de convertir la lumière en électricité. Cette électricité est sous forme continue et variable. Un dispositif de régulation et d'adaptation au réseau électrique est donc indispensable à l'intégration de cette énergie dans le système électrique. En général, l'électronique de puissance est très présente dans cette interface. L'onduleur se sert de la tension du réseau pour synchroniser les caractéristiques du générateurs PV. Un filtre est utilisé pour remédier à la présence de perturbations dans la tension du courant.

La littérature offre aujourd'hui une multitude d'architectures concernant l'assemblage : panneaux-convertisseurs DC/DC-onduleurs-filtres. Seules quelques-unes sont utilisées dans la pratique en raison du prix, de la faisabilité technologique ou surtout de la sécurité.

L'intégration du convertisseur DC/DC suscite elle aussi un intérêt non moindre. De nombreux chercheurs ont publié des travaux de simulations et pratiques sur bancs d'essais et sur sites concernant les différentes topologies. Dans cet travail, On présente les éléments du système électro-énergétique connectant le générateur PV au réseau électrique.

II. SYSTÈME ELECTROENRGETIQUE

La figure 1 est une représentation Simulink du système PV connecté au réseau. Pour synchroniser la sortie de l'onduleur avec le réseau, la tension et le courant au point de connexion de la charge sont prélevés afin de pouvoir contrôler l'onduleur.

Le sous-système de l'onduleur contient aussi un transformateur élévateur de tension car nous n'avons utilisé qu'un seul module PWX 500 (49W)

.

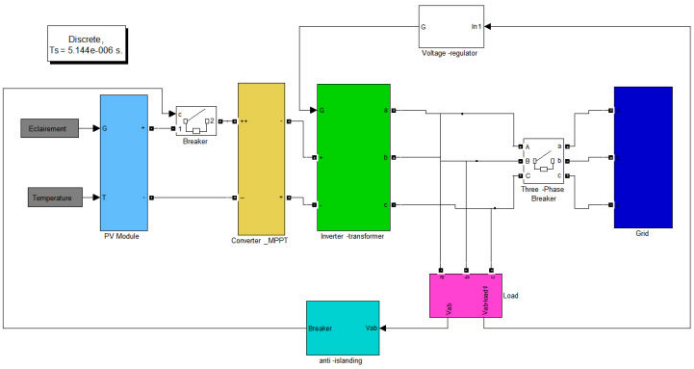


Fig. 1 Modèle Simulink du système PV connecté au réseau

La boucle de régulation de la tension dont la structure est présentée dans la figure 2 est basée essentiellement sur la mesure de la tension et du courant du réseau et sur l'utilisation de la boucle à verrouillage de phase PLL.

La tension triphasée à la sortie du régulateur PI devient la tension de référence pour le générateur d'impulsions à MLI (modulation de largeur d'impulsions) qui commande l'onduleur.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

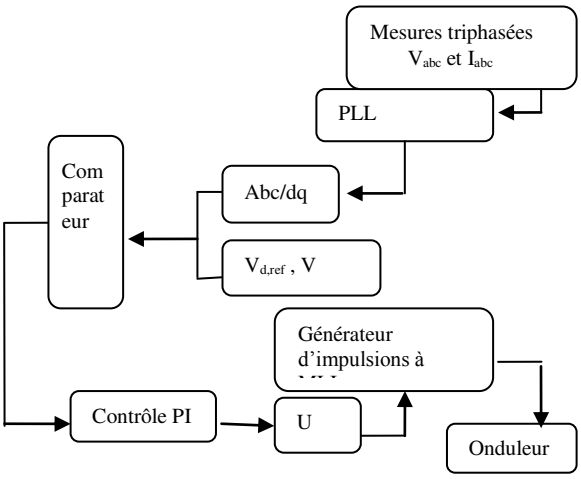


Fig. 1 Structure de la boucle de régulation de la tension

Si le réseau est déconnecté par accident ou intentionnellement, il est nécessaire de débrancher le générateur PV. Afin de simuler la déconnexion du réseau, nous avons utilisé un sectionneur triphasé. Le générateur PV, l'onduleur et la charge se trouvent ainsi en situation d'îlotage, il faut alors, ouvrir l'organe de sectionnement qui est représenté dans la figure 1 par un sectionneur monophasé commandé. Cette commande a été réalisée à l'aide de l'application d'une méthode anti îlotage passive basée sur l'analyse des paramètres électriques (tension et fréquence) au point de couplage commun. La figure 3 représente la structure de ce sous-système.

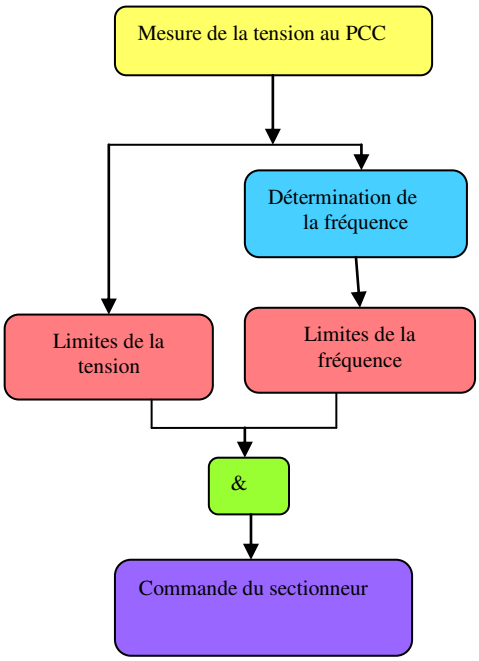


Fig. 3 Structure de la méthode à seuil de tension et à seuil de fréquence

Les méthodes passives ont pour stratégie de détecter l'amplitude de la tension ou le changement de fréquence qui se produisent lorsque le réseau est déconnecté, grâce au circuit OVP/UVP (Over Voltage protection/ Under Voltage Protection) et le circuit l'OFP/UFP(Over Frequency protection/ Under Frequency Protection). L'équation (1) montre que si la

puissance réelle produite par le système PV et la puissance réelle demandée par la charge ne coïncident pas lorsque l'interrupteur est ouvert, la tension RMS au point de couplage commun devra, augmenter ou diminuer jusqu'à ce que $P_{ch} = P_{PV}$. les circuits OVP ou UVP sont alors activé. De même, l'équation (2) indique que si la production de puissance réactive du système PV et la demande réactive de la charge ne coïncident pas lorsque le réseau est déconnecté, la fréquence au point de couplage commun devra changer jusqu'à ce que $Q_{ch} = Q_{PV}$. les circuits OFP ou UFP son alors activés.

$$P_{ch} = P_{PV} + P_{ré} = \frac{V_{ch}^2}{R} \quad (1)$$

$$Q_{ch} = Q_{PV} + Q_{ré} = V_{ch}^2[(\omega L)^{-1} - \omega C] \quad (2)$$

La déconnexion du réseau a été simulé par l'ouverture du sectionneur à l'instant 0.05s. Les courants qui alimentaient la charge à partir du réseau s'annulent aussi à 0.05s. Les figures 4 et 5 montrent respectivement la disparition de la tension du réseau et l'annulation de ses courants

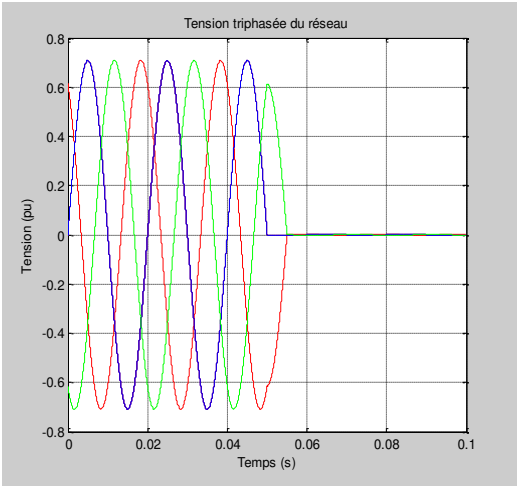


Fig.4.Tension triphasée du réseau

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

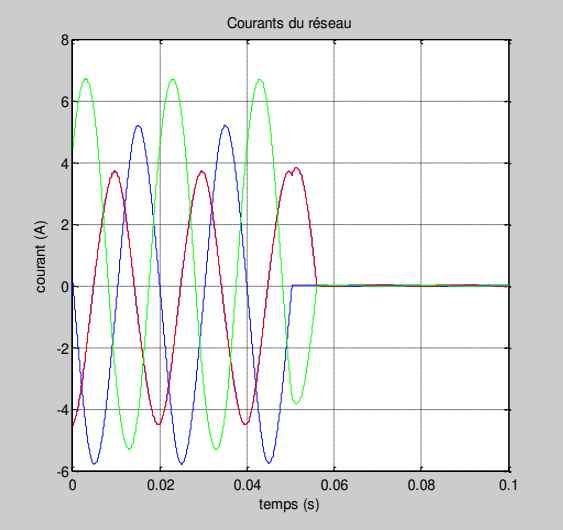


Fig.6. Courant triphasé du réseau

La sortie de l'onduleur n'étant plus synchrone avec le réseau, elle commence à se synchroniser avec la charge qui ne reçoit désormais le courant que du générateur PV via l'onduleur. Cette situation va durer dans notre simulation plus de 0.4s pour que le sectionneur isole le générateur PV. Pendant ce temps, nous remarquons une parfaite synchronisation entre les courants de la charge et ceux délivrés par le générateur PV dans les trois phases comme le montre les figures 8, 9, 10.

L'objectif de cette simulation est d'arriver à isoler le générateur PV quand il se trouve dans une situation d'îlotage avec la charge. La méthode passive utilisée s'est avérée efficace mais son temps de réponse est relativement long mais reste acceptable car les normes concernant les limites d'opérations de la tension et de la fréquence sont très différentes d'un pays à autre.

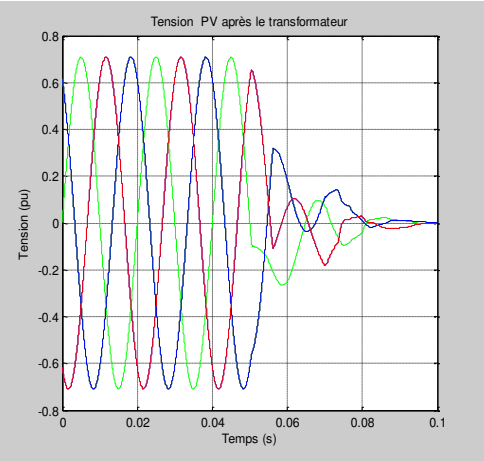


Fig.7. Tension PV après le transformateur

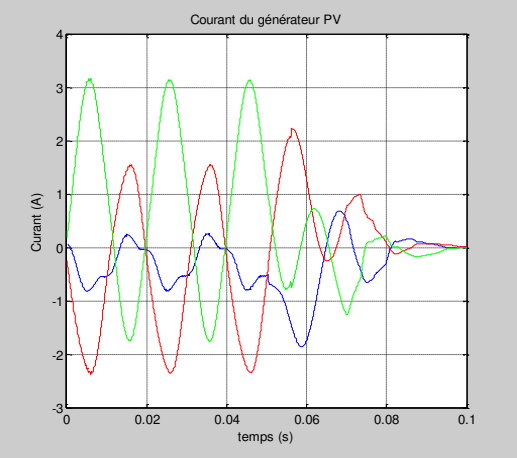


Fig.8. Courant du générateur PV

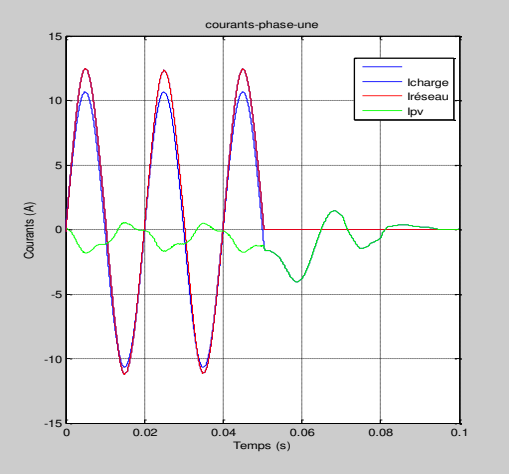


Fig.9Les courants dans la phase 1

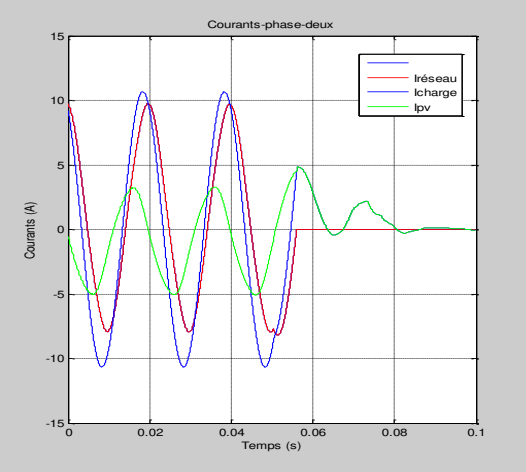


Fig.10. Les courants dans la phase 2

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

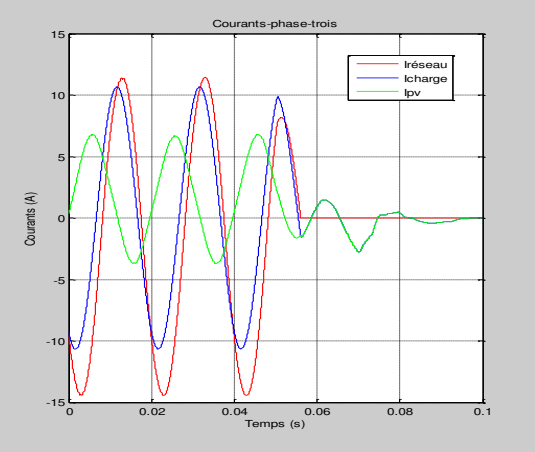


Fig.11. Les courants dans la phase 3

Afin de déterminer l'efficacité de ce modèle, il est utilisé pour alimenter une charge résistive. Nous avons changé l'éclairement à 5s et nous avons tracé la courbe de la tension et celle du courant. Toute les deux ont suivi le changement de l'éclairement.

Nous avons associé par la suite un étage d'adaptation avec MPPT pour stabiliser la tension délivrée par le générateur PV. Une boucle de retour a été ajoutée pou réguler la tension en commandant l'onduleur qui était à son tour associé à un transformateur élévateur de tension. La méthode passive UOF /UOV a été utilisée pour déconnecter le générateur en cas de perte du réseau.

Conclusion

Nous avons associé par la suite un étage d'adaptation avec MPPT pour stabiliser la tension délivrée par le générateur PV. Une boucle de retour a été ajoutée pou réguler la tension en commandant l'onduleur qui était à son tour associé à un transformateur élévateur de tension. La méthode passive UOF /UOV a été utilisée pour déconnecter le générateur en cas de perte du réseau.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Analyse de l'écoulement du flux de puissance dans un système éolien en présence d'un creux de tension

Salima KADRI[1], Mahmoud HABBAB[1], Cherif BENOUDJAFER[1]
[1]*Département de génie électrique, Université Tarhi Mohammed, Béchar, Algérie*
kaddrisalima@yahoo.fr
habbabmahmoud@gmail.com
benoudjafer@gmail.com

***Abstract*— L'objectif de ce travail est l'étude et la simulation d'un UPQC à commande classique connecté à un éolien. Etant donner que l'éolienne participe en qualité d'une production (source de tension) qui alimente avec le réseau les différents charges connectées, il serait intéressant de voir le comportement de l'ensemble du réseau avec un filtrage actif série –parallèle UPQC pour une perturbation en tension (creux de tension) et voir l'impact sur le comportement de l'ensemble du système.**

***Keywords*— Energie éolienne -** UPQC – **Qualité d'énergie - Réseau**

I. INTRODUCTION

L'électricité est une forme d'énergie, qui doit être fournie sous forme d'un système équilibré de tensions sinusoïdales triphasées, à l'ensemble des divers utilisateurs. Par contre l'augmentation des problèmes de perturbations sur les réseaux électriques, affecte de plus en plus cette qualité d'énergie. Parmi les perturbations les plus prépondérantes, les creux de tension, les harmoniques, qui sont dus à la prolifération des charges non linéaires dans les équipements industriels et domestiques.

Diverses solutions de dépollution harmonique des réseaux électriques ont été déjà proposées dans la littérature. Celles qui répondent le mieux aux contraintes industrielles d'aujourd'hui sont le compensateur actif shunt, série et combinaison shunt - série actifs (aussi appelé UPQC). L'UPQC présente la solution universelle de compensation de tous les types de perturbations de courant et de tension sur un réseau électrique. Il associe les deux structures série et parallèle, le filtre série permet de protéger les charges sensibles et de compenser les perturbations en tensions telles que les harmoniques, creux de tension ou les surtensions alors que le filtre parallèle compense les perturbations en courants telles que les harmoniques et le déséquilibres.

II. MODELE DE SYSTEME EOLIENNE

La structure du système de production d'énergie éolienne est composée d'une aérogénérateur éolien qui est représenté par un générateur asynchrone à cage. Le réseau d'alimentation est un réseau triphasé représenté par une source programmable. La charge non linéaire est constituée d'un redresseur triphasée en pont de diode alimentant une charge (R, L).

A. *Modèle de la Turbine*

La puissance cinétique du vent est exprimée par la relation[1] :

$$P_v = \frac{1}{2}.\rho.S.v^3 \quad (1)$$

.

La puissance aérodynamique apparaissant au niveau du rotor de la turbine s'écrit alors :

$$P_{aer} = C_p.P_v = \frac{1}{2}.C_p(\lambda,\beta).\rho.S.v^3 \quad (2)$$

Où ρ La masse volumique de l'air kg/m3, R la longueur d'une pale en m, v la vitesse du vent m/sec et Cp est le coefficient de puissance qui caractérise le rendement aérodynamique de la turbine. Il dépend des caractéristiques de la turbine (les dimensions de la pale, le ratio de la vitesse λ et l'angle d'orientation de la pale β). Le ratio de la vitesse est défini par :

$$\lambda = \frac{\Omega_t.R}{v} \quad (3)$$

Ou Ω_t : La vitesse de rotation de la turbine,

Durant ce travail, ce coefficient sera modélisé par l'expression analytique suivante :[2]

$$C_P(\lambda,\beta) = c_1.\left(c_2.\frac{1}{A} - c_3.\beta - c_4\right).e^{-\frac{c_5}{A}} + c_6.\lambda \quad (4)$$

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{\lambda+0.08.\beta} - \frac{0.035}{1+\beta^3} \quad (5)$$

Avec: c1= 0.5176, c2= 116, c3= 0.4, c4= 5, c5= 21 et c6= 0.0068.

La figure (2) représente la variation de ce coefficient en fonction du ratio de vitesse λ pour différents angles d'orientation des pales β. On remarque que si, pour un angle constant β_i, on pouvait maintenir le coefficient de vitesse λ constant et égal à λ_{opt} à chaque instant, la puissance captée par l'éolienne serait maximale.

on obtient pour notre cas un coefficient de puissance maximum de 0.48 pour un ratio de vitesse λ optimal qui vaut 8.12 correspondant à un angle d'inclinaison des pales $\beta = 0^0$.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

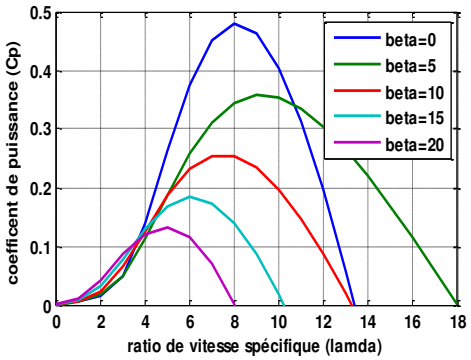


Fig. 1 Coefficient de puissance Cp

Le couple aérodynamique apparaissant au niveau de la turbine est donc en fonction de cette puissance:[3]

$$C_{aer} = \frac{P_{aer}}{\Omega_t} = \frac{\pi}{2.\lambda}\rho.R^3.v^2.C_p(\lambda,\beta) \quad (6)$$

Le multiplicateur adapte la vitesse de rotation de la turbine à la vitesse de rotation de la génératrice, il est modélisé mathématiquement par les deux équations suivantes :[4]

$$C_m = \frac{C_{aer}}{G} \quad (7)$$

$$\Omega_{méc} = G.\Omega_t \quad (8)$$

L'arbre du générateur est modélisé par l'équation suivante:

$$\left(\frac{J_t}{G^2} + J_m\right)\frac{d\Omega_{mec}}{dt} + f_v.\Omega_{mec} = C_m - C_{em} \quad (9)$$

Ainsi, nous pouvons établir le modèle de la turbine dont le schéma bloc est donné par la figure (3).

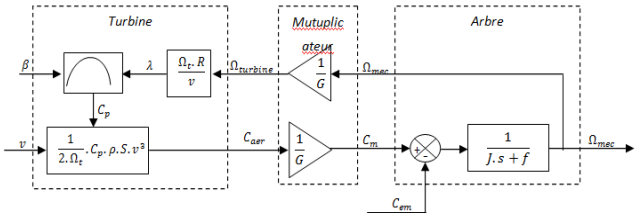


Fig. 2 Modélisation de la partie mécanique de l'éolienne

B. Modèle de la GAS

Les équations des tensions statoriques et rotoriques de la GAS dans le repère de Park sont définies par :[5]

$$\begin{cases} v_{ds} = R_s i_{ds} + \frac{d}{dt}\emptyset_{ds} - \omega_s \emptyset_{qs} \\ v_{qs} = R_s i_{qs} + \frac{d}{dt}\emptyset_{qs} + \omega_s \emptyset_{ds} \\ v_{dr} = R_r i_{dr} + \frac{d}{dt}\emptyset_{dr} - \omega_r \emptyset_{qr} = 0 \\ v_{qr} = R_r i_{qr} + \frac{d}{dt}\emptyset_{qr} + \omega_r \emptyset_{dr} = 0 \end{cases} \quad (10)$$

III. COMMANDE DE L'UPQC

L'objectif de la commande des onduleurs de l'UPQC est de générer les instants d'ouverture et de fermeture des interrupteurs qui les composent de façon à obtenir une tension (ou courant) de sortie, côté alternatif, qui suit le plus fidèlement possible la consigne (tension ou courant de référence) en minimisant ses harmoniques non désirés (harmoniques de commutation) et ce, en optimisant l'amplitude pour une tension du bus continue donnée.

A. Régulation du courant injecté par le FAP

L´onduleur de tension connecté en parallèle au réseau électrique à travers un filtre passif. Le rôle du ce filtre inductif de sortie est de transformer l´onduleur de tension en une source contrôlée de courant vis-à-vis du réseau.[6]

Le schéma de contrôle de la boucle de régulation du courant par un régulateur PI peut être représenté comme suit dans la figure (4).

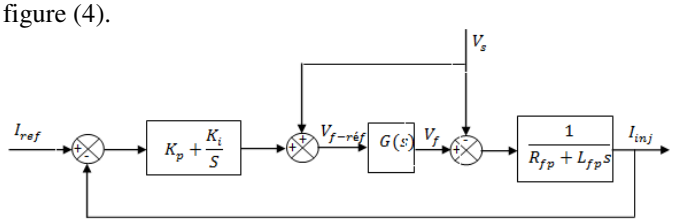


Fig.3 : Schéma de régulation du courant injecté par le filtre actif parallèle

B. Régulation de la tension injectée par le FAS

Le circuit de connexion entre le réseau électrique et le filtre actif série est généralement à travers un filtre passif du deuxième ordre.[6]

Le schéma global de la boucle de régulation de tension du filtre actif série est donné par la Figure (5).

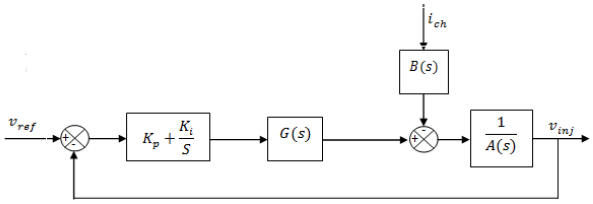


Fig. 4 : Schéma de la régulation de la tension du F.A.S

C. Régulation de la tension du bus continu

La tension moyenne aux bornes du condensateur doit être maintenue à une valeur constante. La cause de variation de cette tension est l'échange de puissance active avec le réseau.[7]

En tenant compte du régulateur (PI), la boucle de régulation de tension continue peut être représentée par la figure (6).

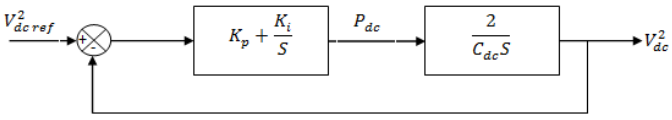


Fig. 5: Boucle de régulation de la tension continue

IV. RESULTATS DE SIMULATION

En utilisant le logiciel MATLAB Simulink et le Toolbox SimPower System afin de voir le comportement de la génératrice vis-à-vis au perturbation engendrée dans un réseau de distribution, dont les paramètres sont donnés dans le tableau 1

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

TABLE I
PARAMETRE DU SYSTEME EOLIONNE

Source triphasé	
Vs, f	220V, 50Hz
Rs, Ls	0.1Ω, 0.2 mH
UPQC	
Vdc	735.8V
Cdc	17.4mF
Charge non linéaire	
P_active	8000W
P_reactive	500Var
GAS	
S_n	100KVA
V_n	380V
f	50HZ
R_S	0.016p.u
L_S	0.06p.u
R_r	0.015p.u
L_r	0.06p.u
L_m	3.5p.u
P	2

Les Figure (6-7-9-11-12) illustre le comportement de l'UPQC lors de la compensation d'un creux de tension triphasé d'une source sinusoïdale équilibrée non polluée. Le filtre actif parallèle assure parfaitement sa fonction et compense bien les courants harmoniques, Il en résulte un courant source sinusoïdal de THD est égal à 3,44% qui est en phase avec la tension source.

Entre les instants t1=0.25 sec et t2=0.35 sec, un creux de tension d'une profondeur de 30% est introduit volontairement. Le filtre série réagit en fournissant la puissance demandée à la charge et cela par l'injection des tensions de compensation qui sont égales à la différence entre la tension de référence de la charge et la tension du réseau. Il en résulte une tension sinusoïdale est égale à la tension désirée aux bornes de la charge même pendant le creux de tension. L'augmentation du courant de source est due à la recharge du bus continu lors de la compensation du creux de tension.

La tension du bus continu Udc suit parfaitement sa référence, d'une façon très rapide avec une légère chute de tension lors de la compensation du creux.

Le comportement de la génératrice vis-à-vis un creux de tension est illustré par l'allure des figures (7.d, 10, 11.b, 12.b).en effet lors d'un creux de tension, la turbine va accélérer, en plus une démagnétisation de la génératrice. On remarque aussi à la fin du défaut, lorsque la tension redevient normale, la génératrice peut se re-magnétiser qui peut provoquer un appel de courant important.

Le comportement de la puissance active et réactive du système est illustré dans la figure (9-10). On note que l'éolienne participe en qualité d'une production (source de tension) qui alimente avec le réseau la charge connectée.

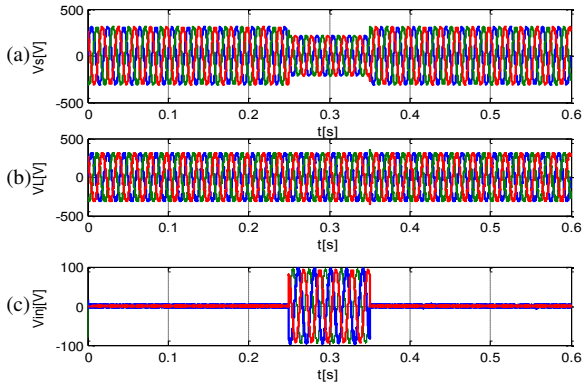


Fig. 6 Tension de: a) Source, b) charge, c) injecté

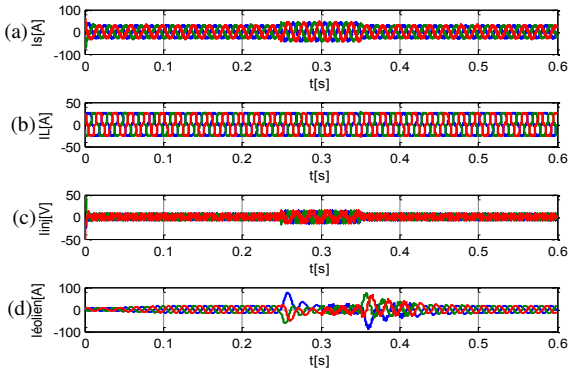


Fig. 7 Courant de: a) Source, b) charge, c) injecté, d) éolien

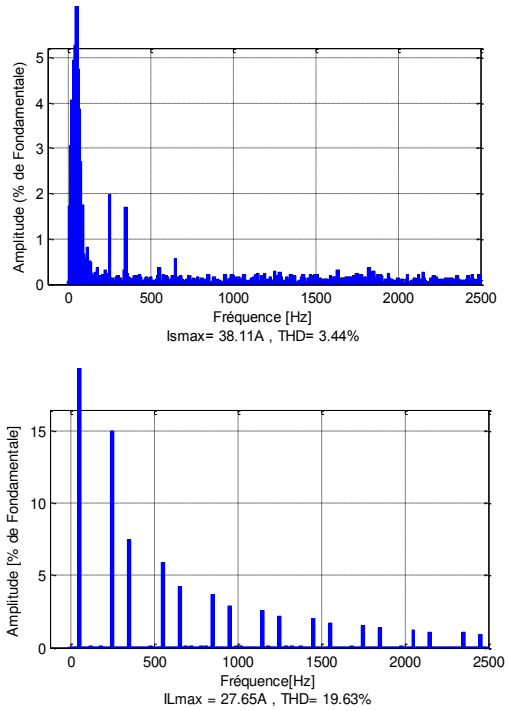


Fig. 8 Spectre des harmoniques du courant source et de charge

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

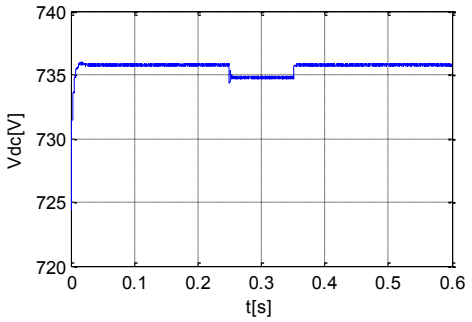


Fig. 9 Tension de bus continue Vdc

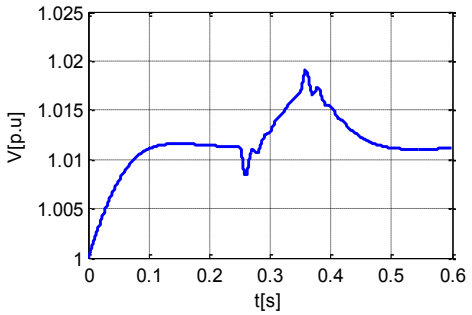
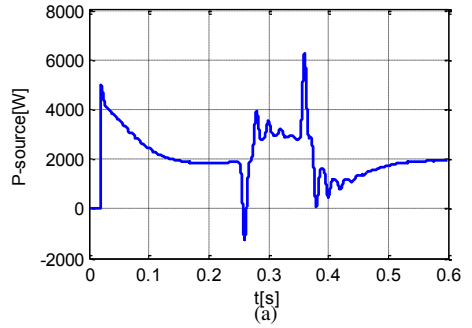
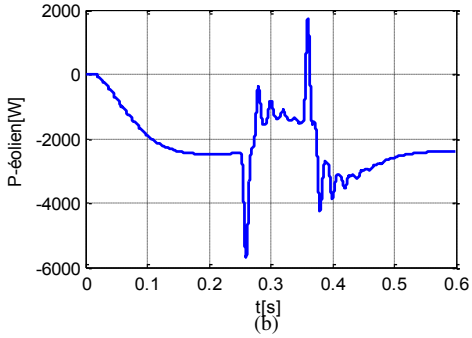


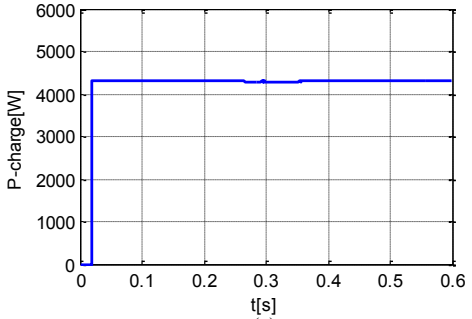
Fig. 10 Vitesse mécanique



(a)

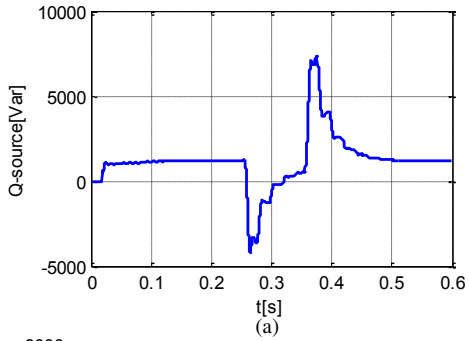


(b)

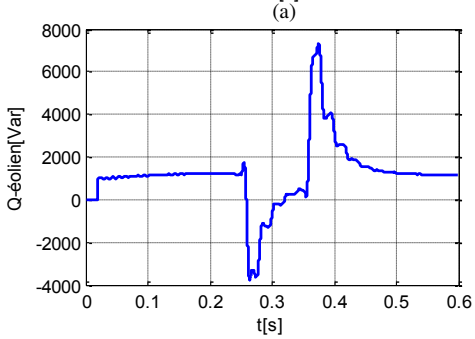


(c)

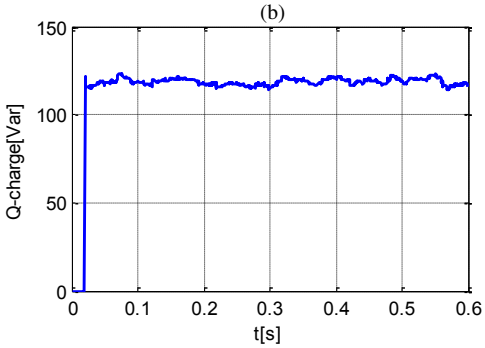
Fig. 11 Puissance active de : a) Source, b) Eolien, c) Charge



(a)



(b)



(c)

Fig. 12 Puissance réactive de : a) Source, b) Eolien, c) Charge

V. Conclusions

l'UPQC permet effectivement de compenser à la fois la perturbation harmonique produite par la charge non-linéaire afin d'avoir un courant source moins polluant et de fournir une tension à la charge quasi sinusoïdale de malgré la perturbation coté source. Ceci est dans le but de protéger et rendre la tension de charge parfaitement sinusoïdale.

Acknowledgment

Ce travail a été effectué au Laboratoire Smart Grids Energies renouvelables et l'Université Tahri Mohamed Bechar 08000 ALGERIE, dans le cadre du projet scientifique: «Energies renouvelables»; 2015/2018.

References

[1] S. El Aimani, " Modélisation de différentes technologies d'éoliennes intégrées dans un réseau de moyenne tension", Thèse de doctorat de l'école centrale de Lille, 2004.

[2] N. Laverdure, "Sur l'intégration des générateurs éoliens dans les réseaux faibles ou insulaires", Thèses de Doctorat, ENS de Cachan, 2005.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

[3] R. Rouabhi, "Contrôle des puissances générées par un système éolien à vitesse variable basé sur une machine asynchrone double alimentée ", Thèse de Doctorat, l'Université de Batna, 2016.
[4] A. Gaillard, " Système éolien basé sur une MADA : contribution à l'étude de la qualité de l'énergie électrique et de la continuité de service ", Thèse de Doctorat, l'Université Henri Poincaré, Nancy-I, 2010.
[5] S. Bachir "Contribution Au Diagnostic De La Machine Asynchrone Par Estimation Paramétrique ", Thèse de Doctorat, Université de Poitiers 2002.
[6] G.S. Eskander, « Apport de l'UPQC à l'amélioration de la stabilité transitoire des réseaux électriques », Université Henri Poincaré, thèse de doctorat, Nancy-I. 2003.
[7] R. Tounsi, «Développement d'un contrôle commande pour un compensateur série de creux de tension. Validation par simulation du fonctionnement avec des charges industrielles », Thèse de doctorat de l'INPT 11 Janvier 1999.
[8]
[9] M. Boulouiha, "Contribution à l'étude et la commande d'une éolienne pour la production de l'énergie électrique ", Thèse de Doctorat, 2013

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

ÉCOULEMENT HYDROMAGNETIQUE NON LINEAIRE DE CONVECTION FORCEE D'UN FLUIDE BIOMAGNETIQUE INSTABLE

MERABET AYECHE Chahra[*,1], KEZZAR Mohamed[1], SARI Mohamed Rafik [2]

[1]*Département de Mécanique, Université 20 Août 1955 de Skikda BP 26, 21000 Algérie.*
[2]*Laboratoire de Mécanique Industrielle, Université Badji Mokhtar d'Annaba BP 12, 23000 Algérie.*

*** Email : chahram21@yahoo.fr**

***Résumé*— L'objectif de ce travail est d'analyser les caractéristiques du champ dynamique d'un écoulement bidimensionnel instable hydromagnétique de la couche limite d'un fluide biomagnétique au-dessus d'une cale, utilise le modèle du micro polaire liquide avec une surface convective tenue compte l'effet induit de champ magnétique. Le fluide biomagnétique le plus connu qui présente de telles propriétés magnétique est le sang qui a un nombre de Prandtl=21. En présentant des variables non dimensionnelles appropriées le problème est décrit par un système couplé et non linéaire des équations ordinaires avec ses conditions aux limites qui est résolu numériquement en appliquant la méthode de Range-Kita d'ordre 4 (RK4) associée par la méthode de Tir.**

Les résultats obtenus sont présentés en forme des graphiques de vitesse adimensionnelle comprenant l'épaisseur de la couche limite pour différentes valeurs des paramètres entrant dans le problème.

***Mots clé* — Fluide biomagnétique, couche limite, champs magnétique, surface convective, RK4, la méthode de Tir.**

NOMENCLATURE

C_f	Coefficient de frottement superficiel
c_p	Chaleur spécifique à pression constant
f	Fonction de courant sans dimensions
h	Paramètre induit de champ magnétique
h_f	Coefficient du transfert de chaleur
H^*	Intensité induit du champ magnétique
H	H^* sans dimension
H_0	Intensité du champ magnétique appliqué
H_w	Champs magnétique induit
j	Micro-inertie par unité de masse
K	Paramètre d'instabilité
M	Paramètre du champ magnétique
m	Exposant de vitesse
N	Paramètre de micro-rotation sans dimensions
n	Paramètre de micro-rotation
P	Pression
S	Coefficient de la viscosité de vortex
t	Temps
T	Température de la couche limite
T_f	Température intérieure
T_w	Température sur la surface
T_∞	Température du fluide ambiant
u	Vitesse suivant x
U	Vitesse du jet libre
U_0	Vitesse caractéristique
U_*	Vitesse du jet libre sans dimension
v	Vitesse suivant y
X	Longueur caractéristique
x, y	Coordonnée de la surface
	Symboles grecs
ρ	Masse volumique
β	Angle de cale
δ	Balance de longueur
μ	Viscosité dynamique
μ_e	Perméabilité magnétique
υ	Viscosité cinématique
Δ	Paramètre de viscosité de vortex
ξ	Paramètre de micro-inertie
ω	Micro-rotation
σ	Conductivité électrique
ψ	Fonction de courant
κ	Conductivité thermique.
η	Paramètre de similarité.

1. INTRODUCTION

La dynamique des fluides Biomagnétique (BFD) est un domaine relativement nouveau dans la dynamique des fluides et pendant les dernières décennies des travaux de recherches étendues ont été effectué sur la dynamique des fluides biologiques en présence du champ magnétique. L'influence du champ magnétique sur l'écoulement des biofluids est intensivement étudiée en raison de diverses applications dans la technologie biologique et la médecine.

Le biofluid est existe dans la créature vivante dont l'écoulement est influencé par la présence d'un champ magnétique nommé un fluide biomagnétique. Le biofluide le plus célèbre est le

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

sang qui tient les propriétés d'un fluide magnétique en raison de l'existence des oxydes de fer dans les molécules d'hémoglobine, qui est présente à une concentration uniquement élevée dans les globules rouges mûres (Pauling et al 1936, Higashi et al 1993). Le sang possède la propriété du matériel magnétique et dans quelques circonstances, peut être considéré comme fluide diamagnétique, paramagnétique ou ferromagnétique (Haik et al 1996).

La première formulation de la dynamique des fluides biomagnétiques (BFD), pour la recherche sur l'écoulement d'un biofluid sous l'influence d'un champ magnétique appliqué (écoulement de fluide biomagnétique), a été développée par (Haik et al 1996). Selon cette formulation, le fluide biomagnétique est considéré comme réellement posséder les propriétés magnétiques du sang. Le sang dans cette formulation de BFD est considéré comme fluide magnétique homogène, newtonien, électriquement non conducteur. Clairement, le modèle mathématique de (Haik et al 1996), est valide pour le flux de sang laminaire dans de grands navires où le comportement newtonien est une bonne approximation (Zendehbudi et al 1999, Anderson et al 2000]. D'ailleurs, le modèle de (BFD) est basé réellement sur celui d'hydrodynamique ferro (FHD), qui s'occupe sans courant électrique induit et considère que l'écoulement est affecté par la magnétisation du fluide dans le champ magnétique (Haik et al 1996, Haik et al 1999 et Haik et al 2002).

L'objectif du travail actuel est l'étude numérique du transfert de chaleur des écoulements hydromagnétique bidimensionnel instable de la couche limite des fluides biomagnétique au-dessus d'une cale. On utilise le modèle du fluide micropolaire avec une surface convective tenue compte l'effet induit de champ magnétique. Les équations de gouvernement couplées non linéaires sont résolues numériquement pour les solutions semblables locales appliquant la méthode de Range-Kita d'ordre 4 (RK4) associée par la méthode de Tir. Des résultats graphiques pour la vitesse adimensionnelle sont présentés pour une gamme des valeurs des paramètres caractéristique. La discussion d'accompagnement fournit des interprétations physiques des résultats.

2. FORMULATION DU PROBLEME

Equations de gouvernement :

Nous considérons un écoulement laminaire bidimensionnel instable d'un fluide biomagnétique visqueux de masse volumique constante ρ, de viscosité dynamique μ et de température T_∞ se déplaçant au-dessus d'une surface électrique non conductrice d'une cale, dirigée le long de l'axe des abscisses positif, avec une vitesse potentielle $U(x, t)$ conduit par le gradient de pression du fluide non visqueux, en présence d'un champ magnétique transversal uniforme appliqué, comme illustré dans la fig.1. L'angle total de la cale est donné par $\beta\pi$. On suppose que l'intrados de la cale est chauffé par la convection d'un fluide chaud à la température T_f qui fournit un coefficient de transfert de chaleur h_f. Un flux magnétique uniforme H_0 est appliqué en parallèle à l'axe des ordonnées de sorte qu'il sature le fluide biomagnétique.

Dans le cadre des prétentions au-dessus-remarquables, l'écoulement convectif d'un fluide biomagnétique incompressible instable négligeant

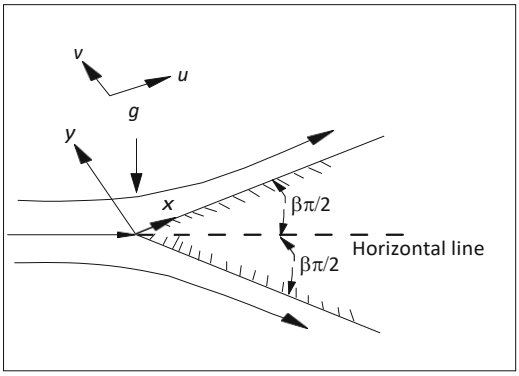


Fig. 1 Configuration d'écoulement

les forces de corps et l'effet de Joule, peut être décrit par les équations de conservation suivantes (Rahman et Sattar 2006, Chaudhary et Sharma 2006, Rahman 2011).

Equation de continuité

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

Equation de quantité de mouvement

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial x} + \left(\upsilon + \frac{S}{\rho}\right)\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{S}{\rho}\frac{\partial \omega}{\partial y} + \frac{\mu_e H_0}{\rho}\frac{\partial H^*}{\partial y} \tag{2}$$

Équation de moment

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u\frac{\partial \omega}{\partial x} + v\frac{\partial \omega}{\partial y} = \frac{\upsilon_s}{\rho j}\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} - \frac{S}{\rho j}\left(2\omega + \frac{\partial u}{\partial y}\right) \tag{3}$$

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

`

Équation d'induction magnétique

$$\frac{\partial H^*}{\partial t} + u\frac{\partial H^*}{\partial x} + v\frac{\partial H^*}{\partial y} = \frac{1}{\mu_e \sigma}\frac{\partial^2 H^*}{\partial y^2} + H^*\frac{\partial u}{\partial x} + H_0\frac{\partial u}{\partial y} \quad (4)$$

Conditions aux limites

Sur la surface de la cale à $(y = 0)$:

$$u = 0, v = 0, -\kappa\frac{\partial T}{\partial y} = h_f(T_f - T), \omega = -n\frac{\partial u}{\partial y}, H^* = H_w. \quad (5.a)$$

Assortiment avec le jet libre à $(y \to \infty)$:

$$u = U(x,t), \omega = 0, T = T_\infty, H^* = 0 \quad (5.b)$$

Pour obtenir les solutions des équations gouvernement ; 1, 2, 3 et 4 ainsi que les conditions aux limites Eqs 5.a et 5.b, nous présentons les transformations de similitude suivante :

$$\eta = y\sqrt{\frac{m+1}{2}\frac{x^{m-1}}{\delta^{m+1}}}, \psi = \sqrt{\frac{2\upsilon^2 x^{m+1}}{(m+1)\delta^{m+1}}}f(\eta) \quad (6)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{m+1}{2}\frac{\upsilon^2 x^{3m-1}}{\delta^{3m+3}}}N(\eta), H^* = \sqrt{\frac{(m+1)\rho}{2\mu_e}}\frac{\upsilon x^m}{\delta^{m+1}}H(\eta) \quad (7)$$

Où ψ est la fonction de courant *et f, N et H* sont respectivement ; la fonction de courant adimensionnelle, la microrotation, et le champ magnétique induit.

Depuis : $u = \psi_y$ et $v = -\psi_x$, On trouve que :

$$u = U(x,t)f' \text{ et } v = -\sqrt{\frac{m+1}{2}\frac{\upsilon^2 x^{m-1}}{\delta^{m+1}}}\left(f + \frac{m-1}{m+1}\eta f'\right) \quad (8)$$

Maintenant la substitution des équations ; 6, 7, et 8 dans le système des équations ; 2,3 et 4, nous obtenons les équations différentielles non linéaires suivantes :

$$\left[\frac{U_0^{m-1}}{\upsilon^m}\delta^m\frac{d\delta}{dt}\right]\left[\eta f'' + 2f' - 2\right] + Re^{m-1}\left[(1+\Delta)f''' + ff'' + \beta(1 - f'^2) + \Delta N' + MH'\right] = 0 \quad (9)$$

$$\left[\frac{U_0^{m-1}}{\upsilon^m}\delta^m\frac{d\delta}{dt}\right]\left[3N + \eta N'\right] + Re^{m-1}\left[(1+\Delta/2)\xi N'' - (2-\beta)\Delta(2N + f'') + \xi\{fN' + (1-2\beta)Nf'\}\right] = 0 \quad (10)$$

$$\left[\frac{U_0^{m-1}}{\upsilon^m}\delta^m\frac{d\delta}{dt}\right]\left[2H + \eta H'\right] + Re^{m-1}\left[H'' + PmfH' + (\beta-1)Pm\,\eta Hf'' + (2-\beta)PmMf''\right] = 0 \quad (11)$$

Avec :

- Nombre de Biot

$$Bi = \sqrt{(h_f/\kappa)(x\upsilon/U_0U_*)}$$

- Paramètre induit de champ magnétique

$$h = \sqrt{(H_w/U_0U_*)(\mu_e/\rho)}$$

- Nombre de Reynolds local

$$Re = U_0x/\upsilon$$

- Nombre de Prandtl magnétique

$$Pm = \mu_e\sigma\,\upsilon$$

- Paramètre de viscosité de vortex

$$\Delta = S/\mu$$

- Paramètre local de champ magnétique

$$M = \sqrt{(\mu_e x/\mu U_0U_*)}$$

- Paramètre de micro-inertie

$\xi = jU_0U_*/\upsilon x$ Avec : $U_* = U/U_0$

Le système d'équations ; 9, 10 et 11 est semblable au terme $\left[\frac{U_0^{m-1}}{\upsilon^m}\delta^m\frac{d\delta}{dt}\right]$ où t apparaît explicitement. Ainsi la condition de similitude exige que ce doive être une constante. Par conséquent, suivant le travail de Sattar (2011) et des références là-dedans, on peut essayer une classe des solutions d'Eqs. 9, 10 et 11 en assumant cela

$$\left[\frac{U_0^{m-1}}{\upsilon^m}\delta^m\frac{d\delta}{dt}\right] = K(constan) \quad (12)$$

L'intégrale de l'équation 12, on donne :

$$\delta = [K(m+1)U_0^{1-m}\upsilon^m t]^{\frac{1}{m+1}}$$

Après les arguments de Sattar (2011) et d'employer Eqs. 9, 10, 11 et 12 devient des équations ordinaires comme suit :

$$K\left[\eta f'' + 2f' - 2\right] + Re^{m-1}\left[(1+\Delta)f''' + ff'' + \beta(1 - f'^2) + \Delta N' + MH'\right] = 0 \quad (13)$$

$$K\left[3N + \eta N'\right] + Re^{m-1}\left[(1+\Delta/2)\xi N'' - (2-\beta)\Delta(2N + f'') + \xi\{fN' + (1-2\beta)Nf'\}\right] = 0 \quad (14)$$

$$K\left[2H + \eta H'\right] + Re^{m-1}\left[H'' + PmfH' + (\beta-1)Pm\,\eta Hf'' + (2-\beta)PmMf''\right] = 0 \quad (15)$$

Ainsi en employant Eqs. 7 et 8, les conditions aux limites Eqs. (6.a), et (6.b) deviennent respectivement

$$f = f' = 0, N = -nf'', H = \sqrt{2-\beta}\,h \text{ à } \eta = 0 \quad (16.a)$$

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

$f' = 1, N = 0, H = 0 \; à \; \eta \to \infty$ (16.b)

3. RESULTATS

L'ensemble des équations ; 13, 14 et 15 sont fortement non linéaires et couplé et donc le système ne peut pas être résolu analytiquement. Alors que cette dernières et les conditions aux limites correspondants aux équations; 16.a et 16.b, sont résolus numériquement utilise la méthode de Range-Kita d'ordre 4 (RK4) associée par la méthode de Tir.

Les figures 2, 3, 4, 5, 6 et 7, nous avons montré la vitesse adimensionnelle du fluide biomagnétique dans la couche limite pour différents paramètres. La figure 2 montre l'effet du paramètre d'instabilité k sur la vitesse adimensionnelle du fluide biomagnétique. Pour cette figure (2) nous notons que la vitesse du fluide biomagnétique diminue dans toute la couche limite avec l'augmentation du paramètre d'instabilité.

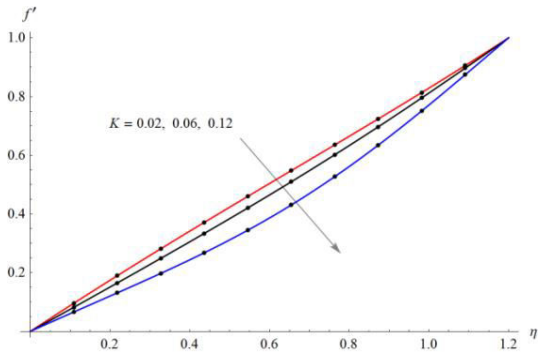


Fig. 2 Profil de vitesse pour différents valeurs de K.

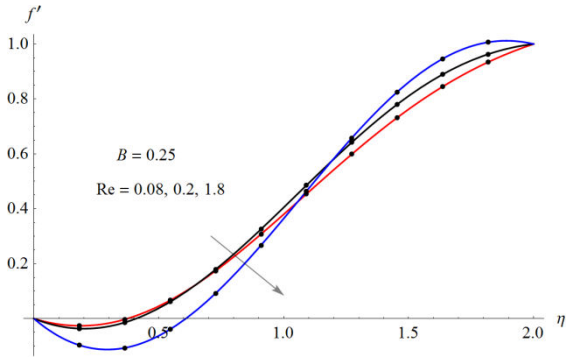


Fig. 3 Profil de vitesse pour différents valeurs de Re et β<1.

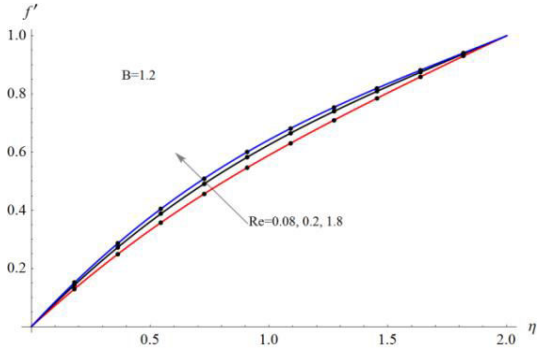


Fig. 4 Profil de vitesse pour différents valeurs de Re et β>1.

Les figures 3 et 4 nous avons présenté la vitesse adimensionnelle du fluide biomagnétique pour différentes valeurs du nombre de Reynolds 0≤β<1 et 1< β<2. Pour la figure 3, on note que l'effet du nombre de Reynolds est très semblable au paramètre d'instabilité K quand β<1. Dans les équations ; 13, 14 et 15 nous notons que *Re* est apparaît comme puissance de m-1. Alors que pour 0≤m<1 et 0≤β<1, le nombre de Reynolds est agit comme le paramètre d'instabilité. De fig.4 nous constatons que la vitesse du fluide biomagnétique augmente avec l'augmentation du nombre de Reynolds dans un certain domaine $\eta < \eta$ critique. Mais lointain de la surface du corps ($\eta > \eta$ critique) que cette situation décompose et la conséquence est que le profil de vitesse diminue. Les effets d'un plus grand nombre de Reynolds sur les profils de vitesse diminuent.

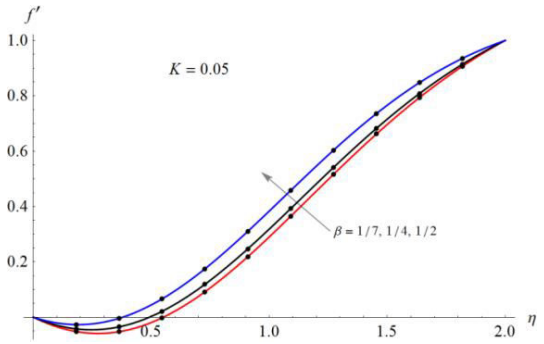


Fig. 5 Profil de vitesse pour différents valeurs de β.

L'effet des changements du paramètre d'angle de cale β sur la vitesse sans dimensions dans la couche limite est montré dans la fig.5. La caractéristique générale de ces solutions est l'augmentation de la vitesse du liquide biomagnétique avec l'augmentation du β .

Les résultats prouvent également que les profils de vitesse sont devenus plus raides pour les valeurs

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

plus grandes du paramètre d'angle de cale β. Ce dernier est une mesure du gradient de pression, et ainsi une valeur positive de β indique un gradient de pression négative.

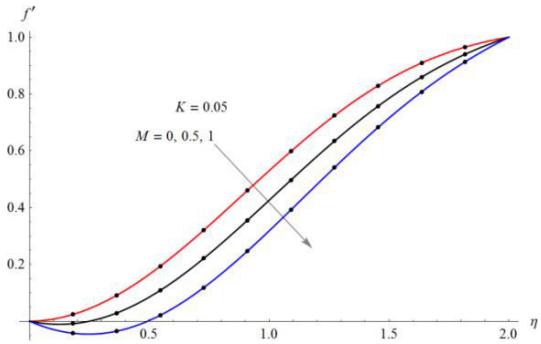


Fig. 6 Profil de vitesse pour différents valeurs de M.

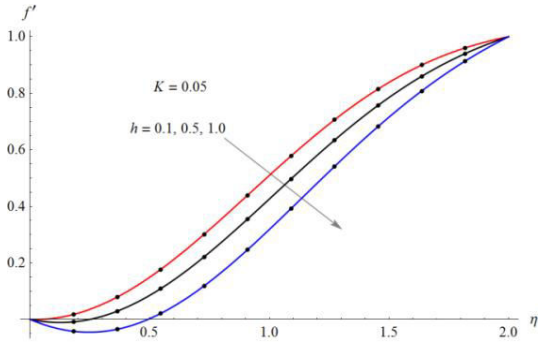


Fig. 7 Profil de vitesse pour différents valeurs de *h*.

Pour quelques valeurs représentatives du paramètre M de champ magnétique. La fig. 6 nous voyons que les profils de vitesse diminuent avec l'augmentation du paramètre de champ magnétique M, qui indique que le champ magnétique agit comme une corde qui retarde le mouvement du liquide.

Dans la fig. 7, l'effet du paramètre induit du champ magnétique h sur le champ de vitesse est dépeint pour les solutions instables. On le constate que la vitesse du fluide biomagnétique diminue de manière significative avec l'augmentation du paramètre induit du champ magnétique.

4. CONCLUSION

L'écoulement hydromagnétique non linéaire de convection forcée du fluide biomagnétique instable au-dessus d'une cale avec la condition de la surface convective en présence du champ magnétique induit a été analysé théoriquement. L'analyse de similitude et la méthode numérique ont été utilisées pour déterminer la vitesse du liquide. Les influences du paramètre d'instabilité, du nombre de Reynolds, du paramètre de champ magnétique, du paramètre d'angle de cale, et du paramètre induit de champ magnétique sur le champ d'écoulement sont examinées. Les résultats sont présentés sous forme de graphiques. De la présente recherche les conclusions principales suivantes peuvent être tirées :

- L'instabilité est commande de manière significative les caractéristiques d'écoulement et de transfert de chaleur du fluide biomagnétique.
- la vitesse d'écoulement diminue avec l'augmentation du paramètre d'instabilité tandis qu'elle augmente avec l'augmentation de l'angle de la cale.
- Le champ magnétique induit a un effet significatif sur l'écoulement de sang. Ainsi, dans la modélisation du fluide biomagnétique, l'effet du champ magnétique induit dans le domaine d'écoulement devrait être tenu compte.

REFERENCES

[1] Anderson, H. I., Halden, R. et Glomsaker, T. (2000). *Journal of Biomechanics.* **33**, 1257.

[2] Chaudhary, R.C. et Sharma, B.K. (2006). "Combined heat and mass transfer by laminar mixed convection flow from a vertical surface with induced magnetic field,". *J Appl Phys*, 99:034901–034910.

[3] Haik, Y., Chen, J.C. and Pai, V.M. (1996). "Development of bio-magnetic fluid dynamics," *Proceedings of the IX International Symposium on Transport Properties in Thermal Fluids Engineering, Singapore, Pacific Center of Thermal Fluid Engineering*, S.H. Winoto, Y.T. Chew, N.E. Wijeysundera, eds, Hawaii, U.S.A., June 25–28, , 121–126.

[4] Haik, Y., Chen, C. J. et Chatterjee, J. (2002). *Journal of Visualization*, **5**(2), 187.

[5] Haik, Y., Pai, V. et Chen, C. J. (1999). *Biomagnetic Fluid Dynamics, In: Fluid Dynamics at Interfaces*, W. Shyy and R. Narayanan (Eds), Cambridge University Press.

[6] Higashi, .T., Yamagishi, A., Takeuchi, T., Kawaguchi, N., Sagawa, S., Onishi, S. et Date, M. (1993). Journal of Blood, **82** (4), 1328.

[7] Pauling, L. et Coryell, C. D. (1936). "The magnetic Properties and Structure of Hemoglobin, Oxyhemoglobin and Carbonmonoxy Hemoglobin," *In Proceedings of the National Academy of Science*, *USA*, **22**, 210-216.

[8] Rahman, M.M. (2011). "Heat transfer in biomagnetic fluid over a wedge with convective surface boundary condition in the presence of induced magnetic field," *Int J Energy Technol* ,3(17):1–8.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

`

[9] Rahman, M.M. et Sattar, M.A. (2006). "Magnetohydrodynamic convective flow of a micropolar fluid past a continuously moving vertical porous plate in the presence of heat generation/absorption," *ASME J Heat Tran* ,128(2):142–152.

[10] Sattar, M.A. (2011). "A local similarity transformation for the unsteady two-dimensional hydrody- namic boundary layer equations of a flow past a wedge," *Int J Appl Math Mech,* 7(1):15–28.

[11] Zendehbudi, G. R. et Moayeri, M. S. (1999). *Journal of Biomechanics*. **32**, 959.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Le bâtiment passif pour assurer l'efficience énergétique

Mokhnache nardjesse[#1], Alkama djamel[*2]

[#]*departement d'architecture, loboratoire LGCH université 08 mai 1945 Algerie, Guelma*

[1] mokhnache.nardjess@gmail.com

[2]dj.alkama@gmail.com

Resumé— **Avec la demande excessive en énergie fossile une quantité colossal de gaz a effet de serre est émise dans l'atmosphère provoquant d'importants écart de température qui engendre de grands besoins de régulation de l'environnement thermique par le billet des énergies fossiles, Le secteur résidentiel est souvent qualifié d'énergivore suite au mode de vie adopté a fin d'assurer le confort thermique. D'ou le besoin de penser des solutions pour assurer le confort thermique et l'efficience énergétique des habitations . Le but de cette recherche est de démontrer que le bâtiment passif garanti une basse consommation énergétique tout au long du cycle de vie de l'habitation, Il s'agit aussi de souligner que l'énergie renouvelable est l'alternative idéal au énergies fossile communément utilisées par les habitants a fin de diminuer l'empreinte écologique engendrée par le mode de vie adopté, il est aussi question de mettre l'accent sur le rôle que joue l'efficience énergétique dans le remboursement de la dette écologique, sur un échantillon d'habitation situé dans le climat semi-aride de la ville enclavé de Guelma bénéficiant d'un grand potentiel bioclimatique. La corrélation entre l'étude de Givoni ,ainsi qu'une approche par mesure in situ a l'intérieur de l'habitation : température, humidité relative, vitesse de l'air, révèlent des température intérieur au-delà des plages de confort et les habitant souffre situation stress due a l'inadéquation des matériaux de construction et spécialement le soucis de l'inertie thermique qui peut être la solution pour améliorer le confort thermique a l'intérieur de l'habitation. Les résultats de cette recherche tendent a démontré qu'il faut produire un bâtiments passif en exploitant potentiel bioclimatique du site pour améliorer a la fois le confort thermique et l'efficience énergétique, tout en adoptant une approche participative avec les habitants, car le facteur anthropique détermine la consommation énergétique.**

Mots clés — **bâtiments passif ; efficience énergétique ; enveloppe performante ; habitation ; confort thermique**

I. INTRODUCTION

La finalité de toute architecture est d'assurer le confort de l'être humain, a fin d'assouvir ses besoins vis a vis de l'environnement thermique il a recours a des technologies tel que la climatisation au sein son habitation pour réguler son environnement thermique. Elle met l'homme, en premier lieu, à l'abri de diverses agressions vis-à-vis desquelles il éprouve le besoin de se protéger,Le rôle de l'habitation est donc d'assurer a l'être humain la protection contre les aléas du climat pour lui assurer le confort thermique, Hensen (1991) signale que le confort thermique est un état dans lequel il n'y a pas d'impulsions qui conduit à corriger l'environnement de l'occupant par son comportement .Le but de la construction est donc de modifier le climat a fin de répondre aux besoins des habitants.

Dans le but d'assurer le confort thermique l'habitant a recours a des comportement énergivore pour réguler son environnement thermique, en puisant dans les énergies fossile a sa disposition, mais toute consommation énergétiques engendre une facture écologique qui se traduit par l'accoisement de l'empreinte écologique, c'est une estimation de la surface terrestre nécessaire a l'homme pour subvenir à ses besoins : cet outil est une mesure de la pression qu'exerce l'Homme sur la nature. D'après le Global Footprint Network, notre mode de vie nécessite actuellement 1,75 planète pour que notre consommation des ressources soit compensée au niveau global. Chaque année, ce réseau calcule le "jour du dépassement", le point à partir duquel l'humanité a consommé les ressources que la Terre peut compenser en une année. En 2019, le jour du dépassement était le 29 juillet. Un habitant moyen de la Terre n'aurait besoin que de cinq terrains de foot pour y vivre, Le mode de vie adopté par l'être humain cause des répercutions irréversibles sur l'environnent a cause des gaz a effet de serre qui cause la hausse de température du globe terrestre ce qui accroit la situation d'inconfort.

II. LE CONFORT THERMIQUE

Le confort thermique est une notion a vaste définition qui dépond de facteurs objectifs, et subjectifs, c'est un état de satisfaction ressenti par l'être humain vis a vis de son environnement thermique, Selon Milon Le confort thermique se définit comme suit: "on est en état de confort thermique lorsque l'on ne perçoit ni sensation de froid ni sensation de chaud». (Marité Milon, 2004)[2]. En effet, Le confort thermique se définit comme un état d'équilibre et de satisfaction général exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant.

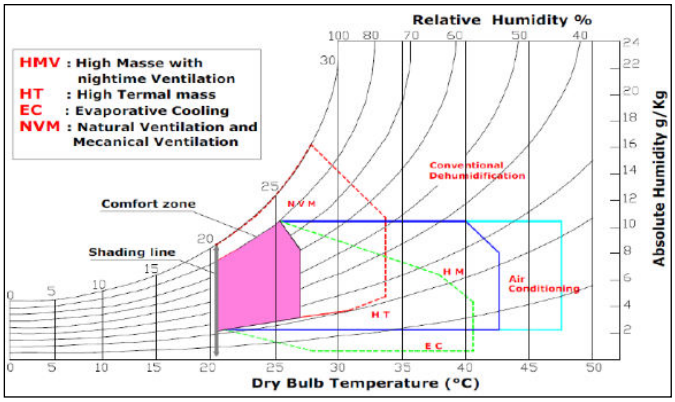
Pour qu'une personne se sente confortable, trois conditions doivent être réunies : Le corps doit maintenir une température interne stable, La production de sueur ne doit pas être trop abondante et la température moyenne de la peau doit être confortable, Aucune partie du corps ne doit être trop chaude ni trop froide (inconfort local). (Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail du Québec, 2002)[2], la notion de confort est donc la corrélation entre trois paramètres bien définit: une température interne stable, un sudation peu ou pas trop abondante, ainsi que l'absence d'inconfort local.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Pour être en état de confort thermique, une personne doit porter une quantité raisonnable de vêtements Il peut être atteint seulement lorsque la température, l'humidité et le mouvement de l'air se situent à l'intérieur des limites de ce qu'on appelle la « zone de confort » (C.C.H.S.T - Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail, 2002).[3]

Le confort thermique définit des plages de températures, de vitesse d 'écoulement d'air et des niveaux d'humidité dans les quelles les habitants ne ressentent pas le besoin de chauffage ou de rafraichissement, et donc ressente le confort thermique qui dépond des échanges de chaleur entre le corps humain et son environnement. Selon Givoni Cet "équilibre" n'est possible que grâce à l'action constante de mécanismes de régulation. (Givoni, 1978), Givoni en 1978 a établi un diagramme psychrométrique ou il détermine une zone de confort caractérisé par une température comprise entre 20 °C et 27°C, et une humidité relative comprise entre 20% et 28% lors de la quelle l'indice d'insatisfaction est relativement nul, hors de la zone de confort Givoni propose des dispositifs architecturaux pour améliorer le confort intérieur selon chaque cas. Fig. 1

Fig . 1 diagramme psychrométrique Givoni 1978



La sensation de confort thermique est procurée par l'évacuation de la chaleur du corps. Les mouvement d'aire augmente les pertes de chaleur par convection et facilite l'évaporation de l'humidité a la surface de la peau. [4] donc le confort thermique est relié au échanges thermiques entre le corps humain et son environnement Dans une ambiance modérée, une personne perd sa chaleur selon 5 modes de transmission . le métabolisme, l'habillement, La température ambiante de l'air, L'humidité relative de l'air (HR), la vitesse d'écoulement d'air qui ne doit pas dépasser 0.2 m/s.

Le notion de confort thermique ne dépond pas que de facteurs physiques objectifs (température, humidité relative, vitesse d'écoulement d'air), mais aussi de facteur subjectif relié a la psychologie des habitants suivant les mœurs, la culture, et le métabolisme, en fait il n'ya pas de conditions types pour un homme type. A l'inverse des réponses physiologiques qui peuvent être mesurées de manière objective, la détermination des réponses subjectives des sens dépend de la propre évaluation de la personne soumise à un environnement donné. Cette évaluation n'est pas unique, mais varie avec les individus, et également pour un même individu selon différentes périodes.[5]

III. L' EFFICIENCE ENERGETIQUE

Dans sa recherche de confort l'habitant adopte des comportements énergivore au quotidien pour réguler son environnement thermique par le billet de la climatisation en période estivale puisant dans énergies fossile polluantes par les émissions de Co2 résultant de la consommation énergétique des habitations. En domaine des logements, on converse sur son isolation ou on peut comparer la consommation d'énergie entre différents bâtiments, à la base d'une unité de (kW/m²/an). Notons bien qu'un bâtiment ne consomme beaucoup d'énergie c'est un bâtiment bien isolé.[6]. Selon hocine tabbouch et al de nombreux bâtiments n'ont pas été conçus, conçus et construits en tenant compte de la nature et du contexte spécifiques de l'environnement où ils se trouvent [7]. L'inadéquation de la construction a son environnent engendre la hausse de consommation énergétique, c'est pourquoi il est primordiale d'assurer l'efficience énergétique. C'est le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire bien fonctionner. Cette définition peut avoir un élargissement comme elle devient l'ensemble des technologies et pratiques pour diminuer la consommation énergétique jusqu'à la mise d'un nivaux de performance équivalent dont l'objectif est de faire mieux avec moins.

Cette notion est souvent interprétée dans un sens plus large pour désigner les technologies et pratiques permettant de diminuer la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de performance finale équivalent[9] .selon l'agence international de l'énergie (IEA) l'efficience énergétique est considérée comme un moyen pour contrôler et diminuer la consommation énergétique.

l'efficience énergétique est donc l'utilisation de procédés, et de technologies a fin de répondre au besoins, tout en économisant le plus d'énergie possible, en effet il s'agit de faire mieux avec moins d'énergie. De cette manière on assure des lieux de vie confortable, et on diminue la consommation énergétique et par conséquent diminuer l'empreinte écologique. Il s'agit de fournir les mêmes prestations en consommant moins d'énergie ou même de faire mieux avec moins.

Si on veut améliorer l'efficience énergétique il faudra adopter la démarche bioclimatique qui rétabli l'architecture a son rapport a son environnement sans le quel le dynamisme entre l'homme et l'environnement serai perturbé , il s'agit d'assurer l'équilibre entre la construction et son environnement en plaçant l'homme au centre de cette boucle.il faut aussi agir sur l'enveloppe extérieur des bâtiments qui est le fil conducteur vers la consommation énergétique car en diminuant la surface déprédative on diminue la consommation énergétique.

C'est pourquoi l'amélioration de l'efficience énergétique dans le secteur du bâtiment est un axe prioritaire a développer a fin de préserver l'environnement, de répondre au besoins, et garantir la capacité des générations futures a répondre au leurs. Pour se faire il est impératif de considéré les deux volet habitant et technologie comme étant un phénomène d'interaction entre deux.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Les technologies de l'énergie et le comportement des occupants ont été traités comme des acteurs distincts dans les domaines de confort, de l'ingénierie énergétique et des domaines sociaux les efforts récents tentent de les relier, en considérant la consommation énergétique comme résultat de l'activité humaine dans un contexte d'interrelations entre utilisateurs, technologies, compétences, contextes sociaux[10]

IV. LE BATIMENT PASSIF

le bâtiment passif instaure un mode de vie relativement résiliant car il diminue la consommation énergétiques en utilisant l'inertie thermique et l'adéquation des matériaux de construction, ainsi que l'orientation et la forme de l'habitation, en plus d'une panoplie de procédés passifs . Utilisé depuis des siècles dans certains points de la planète Les stratégies passives apportent des réponses à la fois économique et Loïc adapté au milieu où la construction doit avoir le jour Elles prennent en compte la température l'orientation et le vent Il est aussi possible de profiter de l'orographie local pour assurer la régulation thermique des intérieurs où faire usage de matériaux offrant une masse thermique élevée ou de haute qualité d'isolation.[11].

Une maison passive est un bâtiment avec un climat intérieur agréable en hiver comme en été sans installation de chauffage ou de refroidissement conventionnelle »[12] . Cela est rendu possible par la réduction drastique des besoins en énergie de chauffage, réalisée essentiellement par des mesures architecturales et constructives.

Le batiment passif rpond a des exigences technique pour pouvoir etre qualifié de tel.

- L'isolation thermique renforcée, fenêtres de grande qualité
- La suppression des ponts thermiques
- L'étanchéité à l'air excellente
- La ventilation double flux (avec récupération de chaleur)
- La captation optimale mais passive de l'énergie solaire et des calories du sol
- La limitation des consommations des appareils ménagers

Le bâtiment passif ne réalise pas d'économie sue le niveau de confort mais au contraire l'augmente tout en diminuant la consommation énergétique, par son enveloppe performante, selon Selon la norme 90.1-2016 Les nouvelles exigences d'enveloppe technique comprennent:

Exigences obligatoires pour la vérification de l'enveloppe, avec un intérêt particulier aux infiltration d'air réduite et des exigences accrues fuite d'air vers les portes d'enroulement aériennes.

- Exigences prescriptives plus strictes pour la construction métallique les toits et les murs, la fenestration et les portes opaques.
- Amélioration de la clarté des définitions des murs extérieurs, de l'orientation du bâtiment, et la clarté autour de la valeur R.
- Nouvelles exigences basées sur l'ajout de la zone climatique 0.[13]

Il est aussi important de noter que le bâtiment passif est adapté a son environnement, les matériaux utilisés, l'orientation, l'exploitation des énergies renouvelable, pour assurer un environnement thermique confortable.

Le bâtiment passif a lui seules ne peu assurer l'efficience énergétique si on ne sensibilise pas les habitants a adopté une mode de vie et des pratiques quotidiennes résiliente résilientes, par le chois des appareils électroménager de catégorie A et B sur l'étiquette écologique, et a les utiliser de façon rationnel sans tomber dans l'excès.

V. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

La corrélation entre l'étude de Givoni qui détermine de larges zone de sous chauffe et de surchauffe, et l'approche par mesure in situ a l'intérieur de l'habitation : température, humidité relative, vitesse de l'air, révèlent des température intérieur au-delà des plages de confort ce qui cause des situations de stress aux habitants.

A. Critères de choix de la ville Guelma

Guelma ville du nord est algérien caractérisée par le climat de l'arrière littoral montagne (Zone B) climat semi-humide. Déterminé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux du littoral, bénéficiant d'un grand potentiel durable par sa couverture forestière et agricole, ainsi que par le bombardement solaire qui couvre 243.3 hectare par an aussi par son potentiel hydraulique avec 264.96 millions m³ d'eau mobilisable avec de multiple source d'eau chaude, c'est aussi une ville enclavé entouré de quatre montagne ce qui définit les conditions de vie et le microclimat de la ville.

Malgré tout ce potentiel les habitant souffre situation stress, comme le démontre l'étude de Givoni selon medejelakh.D il y'a une zone de sous chauffe très froide pour les mois de janvier et février (T°entre 4.5 et 5°C) ainsi qu'une saison de sous-chauffe froide de décembre à février, et de mars (T° entre 5 et 15°C).

Fig . 2 situation géographique de Guelma (source: google)

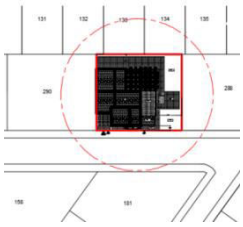
B. critère de choix du cas d'étude

La villa Mokhnache est choisi pour évaluer le confort thermique des habitants selon différentes pièces, orientation, et

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

fonction, aussi le fait que ce soit mon domicile garanti le déroulement de la compagne de mesure sans soucis.

Tableau. 1fiche technique cas d'étude

Villa Mokhnache	Villa R+2	
Surface totale	480 m^2	
Surface bâtie	224 m^2	
Coefficient d'occupation au sol	0.46	

La compagne de mesure s'est déroulée sur 03 jours successives lors de la vague de canicule, Les pièces sujets a l'investigation on était choisi selon l'étage, l'orientations et ,l'occupation.
Les plans de la villa dans les tableaux suivants.

Tableau. 2 point de mesures

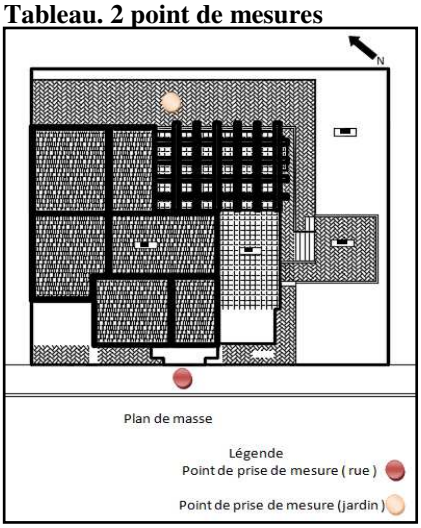


Tableau.3 Plan RDC

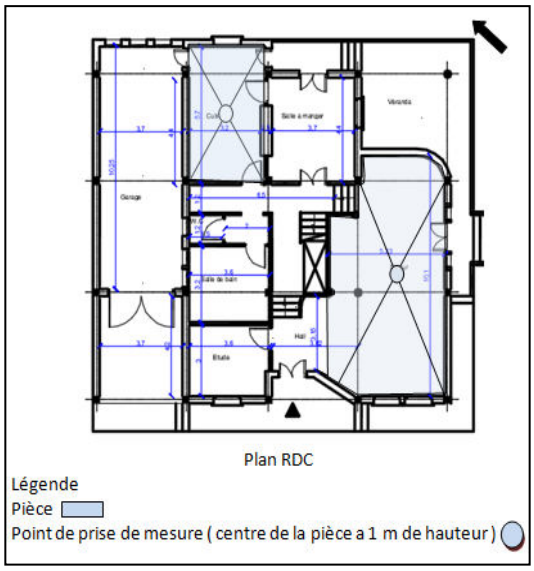


Tableau.4 Plan 1er étage

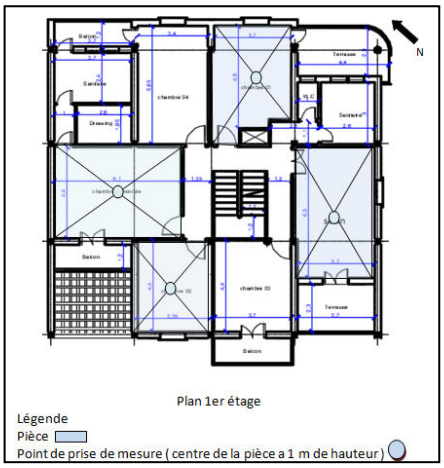
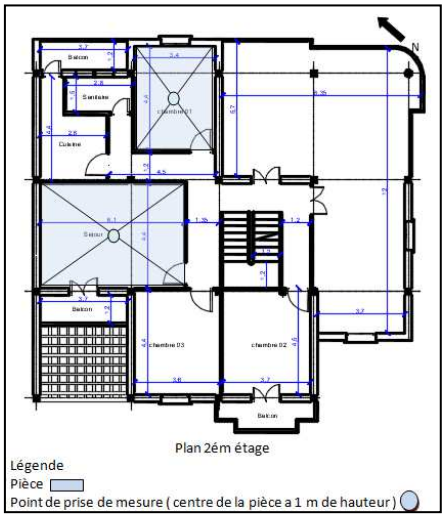


Tableau.5 Plan 2em étage



A. Matériel utilisé

Le relevait des températures et de l'humidité sont faite par un Thermo-Hygromètres portables étanches HANNA 9564. Fig. 5

La vitesse de l'air était mesuré par un anémomètre a hélice BA16 Trotec. Fig.6

Fig . 3 Thermo-Hygromètre HANNA 9565

Fig . 6 anémomètre a hélice BA16 Trotec

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

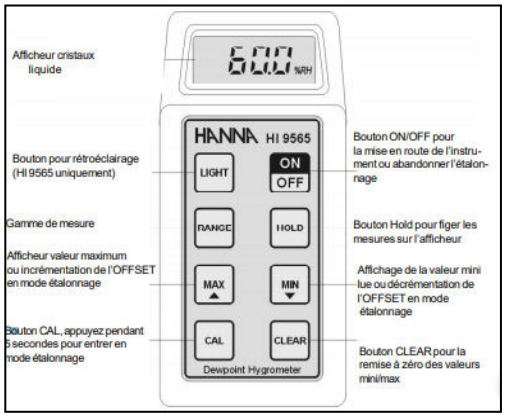
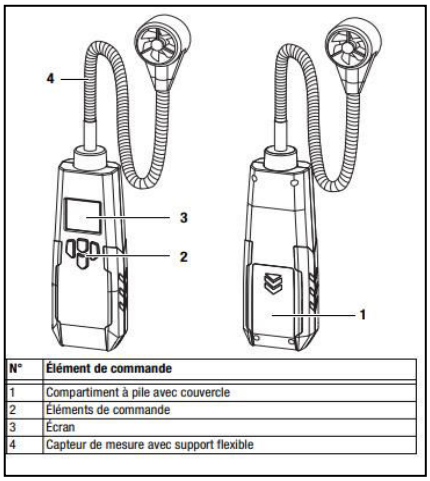


Fig .7 description fonctionnel HANNA 9565



N°	Élément de commande
1	Compartiment à pile avec couvercle
2	Éléments de commande
3	Écran
4	Capteur de mesure avec support flexible

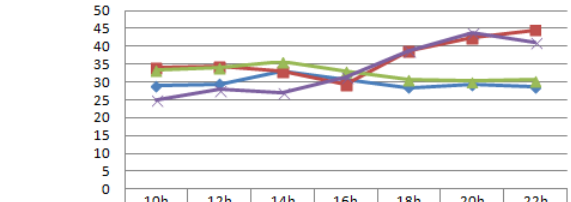
Fig . 8 Description fonctionnelle anémomètre a hélice BA16 Trotec

VI. RESULTATS

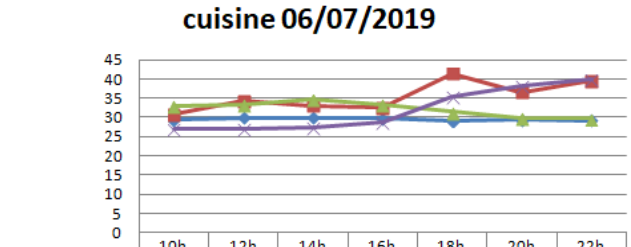
Les résultats de la compagne de mesure sont traduit dans les graphs suivants.

La vitesse d'écoulement de l'air lors de toute la duré de la compagne de mesure est resté constante inferieur a 0.76 m/s car l'anémomètre ne détecte pas le mouvement d'air inferieur a 0.76 m/s.

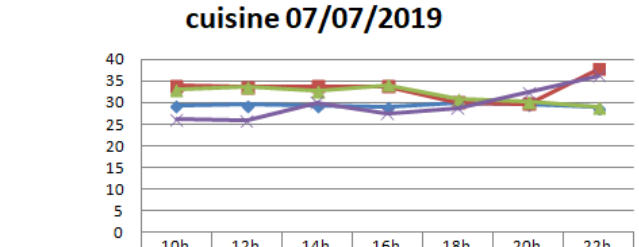
Mesures T°/C et H/% cuisine



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	28,95	29,5	33,2	30,7	28,5	29,35	28,8
H% moy	33,9	34,4	33,1	29,2	38,85	42,55	44,6
T°moy ext	33,5	34,15	35,7	33,05	30,8	30,2	30,65
H% moy ext	25	27,85	27,05	31,5	38,85	43,8	41,2

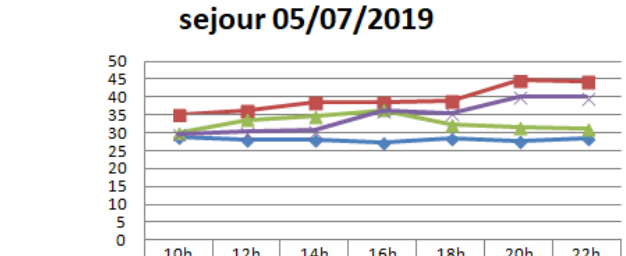


	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	29,5	29,85	29,85	29,65	29,15	29,3	29,25
H% moy	30,75	34,4	33,1	32,45	41,45	36,6	39,55
T°moy ext	32,95	33,45	34,6	33,3	31,45	29,8	29,65
H% moy ext	26,85	26,9	27,3	28,8	35,4	38,15	39,8

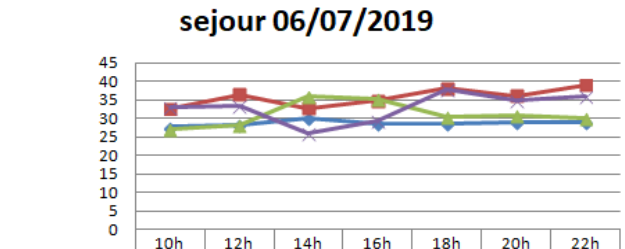


	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	29,35	29,55	29,45	29	29,9	29,65	28,85
H% moy	33,9	33,6	33,7	33,75	30,05	29,75	37,7
T°moy ext	33	33,7	32,7	34,1	30,8	30,35	28,85
H% moy ext	26,2	25,8	30,05	27,55	28,8	32,35	36,3

Mesures T°/C et H/% séjour



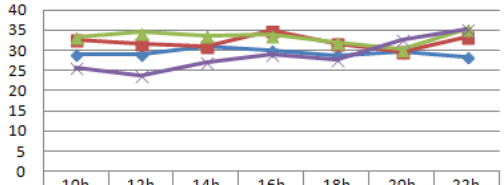
	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	28,75	28,05	28,2	27,35	28,5	27,7	28,4
H% moy	35,2	36,05	38,65	38,75	38,85	44,6	44,5
T°moy ext	30,1	33,7	34,55	36,4	32,5	31,4	31,15
H% moy ext	29,75	30,35	30,75	36,4	35,6	40,15	39,95



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T° moy	27,65	28,35	29,95	28,7	28,65	28,95	28,9
H% moy	32,55	36,5	32,75	34,75	38,25	36,1	39
T° moy ext	27,1	28,25	35,8	35,3	30,55	30,9	29,95
H% moy	32,95	33,25	25,9	29,35	37,7	34,9	36,1

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

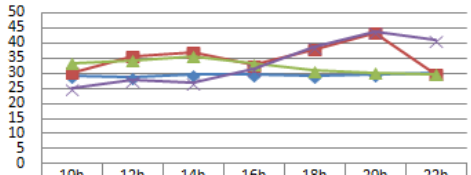
sejour 07/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	29	28,9	31,1	29,9	28,8	29,75	28,4
H% moy	32,7	31,75	30,95	34,8	31,75	29,65	33,3
T°moy ext	33,25	34,45	33,55	33,8	31,95	30,2	35,15
H% moy ext	25,8	23,65	26,95	29	27,85	32,5	35,15

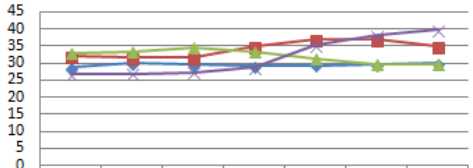
Mesures T°/C et H/% chambre 1

chambre 1 05/07/2019



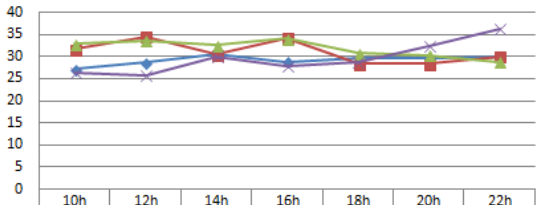
	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	29,25	28,6	29,4	29,65	28,95	29,65	29,95
H% moy	30,05	35,65	37,15	32,65	37,75	43,4	29,85
T°moy ext	33,5	34,15	35,7	33,15	30,8	30,2	29,85
H% moy ext	25	27,85	27,05	31,5	38,85	43,8	41,2

chambre 1 06/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	28,85	29,9	29,45	29,15	29,4	29,55	30
H% moy	32	31,75	31,7	34,85	36,9	36,85	34,8
T°moy ext	32,95	33,45	34,6	33,3	31,45	29,8	29,65
H% moy ext	26,85	26,9	27,3	28,8	35,4	38,15	39,8

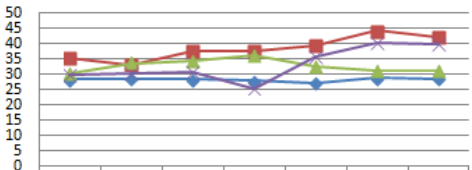
chambre 1 07/08/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	27,15	28,65	30,4	28,8	29,7	29,5	30
H% moy	31,65	34,55	30,45	34,15	28,3	28,35	30
T°moy ext	33	33,7	32,7	34,1	30,8	30,35	28,85
H% moy ext	26,2	25,8	30,05	27,75	28,81	32,35	36,3

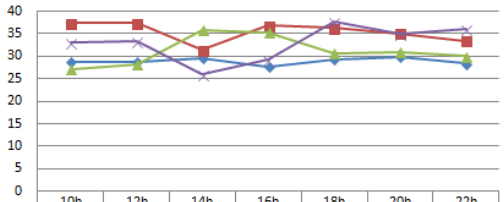
Mesures T°/C et H/% chambre 2

chambre 2 05/07/2019



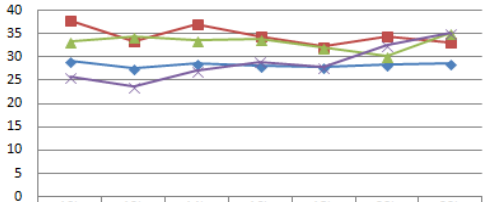
	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	28,3	28,6	28,5	28	27,25	29,05	28,6
H% moy	35,3	33,25	37,45	37,65	39,5	44,2	42,05
T°moy ext	30,1	33,7	34,55	36,4	32,5	31,4	31,15
H% moy ext	29,75	30,35	30,75	25,4	35,6	40,15	39,95

chambre 2 06/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	28,8	28,8	29,5	27,65	29,25	29,9	28,4
H% moy	37,35	37,35	31,45	36,85	36,3	35,1	33,45
T°moy ext	27,1	28,25	35,8	35,3	30,55	30,9	29,95
H% moy ext	32,95	33,25	25,9	29,35	37,7	34,9	36,1

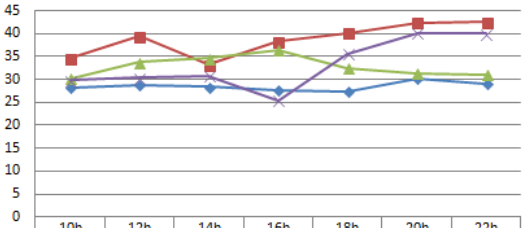
chambre 2 07/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	29,15	27,65	28,7	28,05	27,85	28,3	28,65
H% moy	37,85	33,4	37	34,4	32,2	34,4	33,2
T°moy ext	33,25	34,45	33,55	33,8	31,95	30,2	35,15
H% moy ext	25,8	23,65	26,95	29	27,85	32,5	35,15

Mesures T°/C et H/% chambre parentale

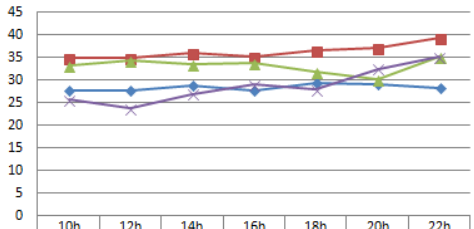
chambre parentale 05/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	28,1	28,8	28,35	27,65	27,45	30,2	29,05
H% moy	34,7	39,4	33,2	38,3	40,1	42,4	42,5
T°moy ext	30,1	33,7	34,55	36,4	32,5	31,4	31,15
H% moy ext	29,75	30,35	30,75	25,4	35,6	40,15	39,95

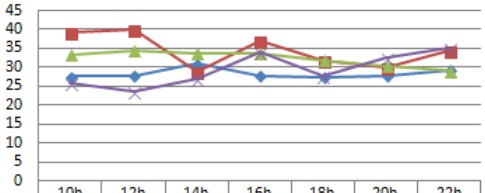
Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

chambre parentale 06/07/2019



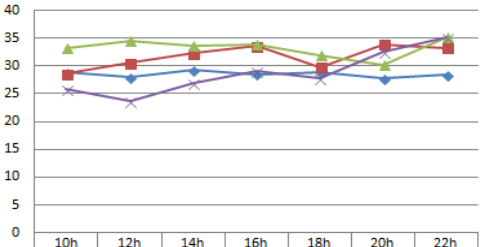
	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	27,7	27,7	28,8	27,7	29,35	28,95	28,35
H% moy	34,8	34,8	35,95	35,1	36,45	37,15	39,25
T°moy ext	33,25	34,45	33,55	33,8	31,95	30,2	35,15
H% moy ext	25,8	23,65	26,95	29	27,85	32,5	35,15

salon 07/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	27,7	27,9	30,9	27,8	27,55	27,75	29,3
H% moy	39,3	39,95	28,7	37,15	31,9	29,95	34,25
T°moy ext	33,25	34,45	33,55	33,8	31,95	30,2	29,05
H% moy ext	25,8	23,65	26,95	34	27,85	32,5	35,15

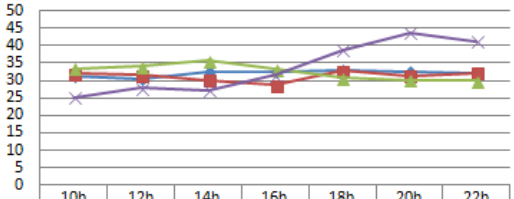
chambre parentale 07/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	28,8	28	29,25	28,55	28,8	27,75	28,35
H% moy	28,6	30,55	32,3	33,55	29,8	33,95	33,2
T°moy ext	33,25	34,45	33,55	33,8	31,95	30,2	35,15
H% moy ext	25,8	23,65	26,95	29	27,85	32,5	35,15

Mesures T°/C et H/% chambre 1

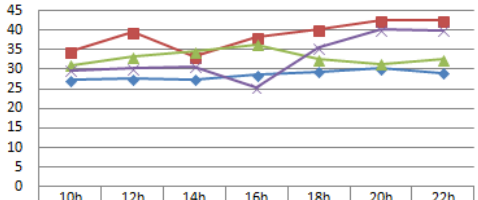
chambre 1 05/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	31,25	30,6	32,4	32,65	32,95	32,65	31,95
H% moy	32,05	31,65	30,15	28,65	32,75	31,4	32,2
T°moy ext	33,5	34,15	35,7	33,15	30,8	30,2	29,85
H% moy ext	25	27,85	27,05	31,5	38,85	43,8	41,2

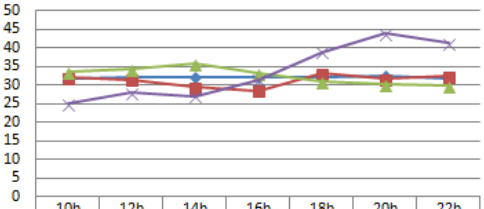
Mesures T°/C et H/% salon

salon 05/07/2019



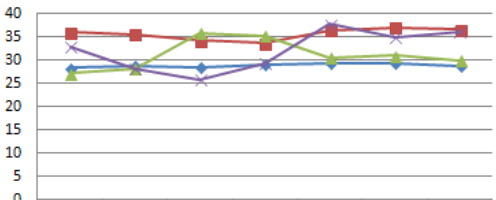
	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	27,32	27,5	27,42	28,65	29,45	30,2	29,05
H% moy	34,7	39,4	33,2	38,3	40,1	42,4	42,5
T°moy ext	31,1	33,2	34,55	36,4	32,5	31,4	32,55
H% moy ext	29,75	30,35	30,75	25,4	35,6	40,15	39,95

chambre 1 06/07/2019



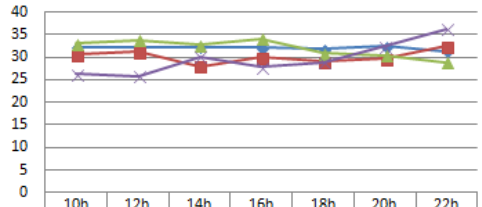
	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	31,8	31,9	32,15	32,25	32,15	32,45	31,6
H% moy	32,05	31,4	29,3	28,45	33	31,6	32,4
T°moy ext	33,5	34,15	35,7	33,15	30,8	30,2	29,85
H% moy ext	25	27,85	27,05	31,5	38,85	43,8	41,2

salon 06/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	28,3	28,7	28,55	29	29,4	29,3	28,8
H% moy	35,9	35,55	34,2	33,6	36,45	37	36,5
T°moy ext	27,1	28,25	35,8	35,3	30,55	30,9	29,95
H% moy ext	32,95	28,25	25,9	29,35	37,7	34,9	36,1

chambre 1 07/07/2019

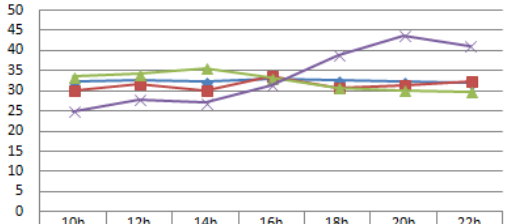


	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	32,25	32,15	32,3	32,15	31,75	32,4	31,35
H% moy	30,5	31,25	27,95	30	29,1	29,75	32,4
T°moy ext	33	33,7	32,7	34,1	30,8	30,35	28,85
H% moy ext	26,2	25,8	30,05	27,75	28,81	32,35	36,3

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

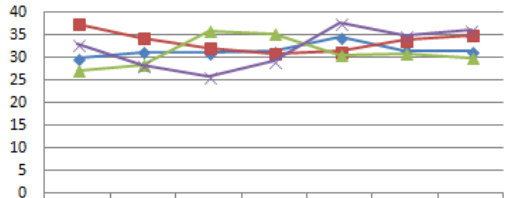
Mesures T°/C et H/% séjour

sejour 05/07/2019



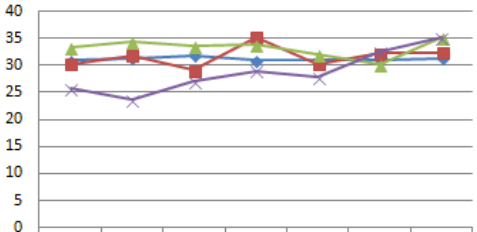
	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	32,25	32,6	32,4	32,95	32,65	32,25	31,95
H% moy	30,05	31,65	30,15	33,65	30,75	31,5	32,2
T°moy ext	33,5	34,15	35,7	33,15	30,8	30,2	29,85
H% moy ext	25	27,85	27,05	31,5	38,85	43,8	41,2

sejour 06/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	29,75	31,2	31,1	31,3	34,4	31,55	31,4
H% moy	37,5	34,3	32,05	30,85	31,3	33,85	35
T°moy ext	27,1	28,25	35,8	35,3	30,55	30,9	29,95
H% moy ext	32,95	28,25	25,9	29,35	37,7	34,9	36,1

sejour 07/07/2019



	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
T°moy	30,9	31,35	31,9	30,9	31,05	31,05	31,35
H% moy	30,3	31,8	29,05	35,25	30,2	32,2	32,4
T°moy ext	33,25	34,45	33,55	33,8	31,95	30,2	35,15
H% moy ext	25,8	23,65	26,95	29	27,85	32,5	35,15

VII. DISCUSSION

Les résultats de la compagne de mesure révèlent que la vitesse d'écoulement d'air est inferieur a 0.76 m/s et comprise dans la zone de confort 0.2m/s, les taux d'humidité intérieur sont comprissent dans les limites de la zone de confort définit par Givoni 1986,(T° 20°C/27°C°) (H 20M%-80%) le taux minimum est de 23.65% a 12h le 07/07/2019 a la chambre parentale, et le taux maximum est de 44.6% a 22h le 05/07/2019 en cuisine, quand a la température c'est toujours au-delà de la température de la zone de confort avec un minimum e 27.10°C a 10h au séjour RDC le 06/07/2019, tandis que le maximum est a34.4°C a 18h le 07/07/2019 au séjour 2^{em} étage.

Généralement les températures les plus fraiches sont noté au RDC tout d'abord car le sous sol participe au rafraichissement de l'air, mais aussi car l'air chaud est plus lourd que l'aire frai, c'est pourquoi le RDC est l'étage le plus frai, et les température les plus élevées sont noté au 2^{em} étage, puis dans la chambre 1 au 1er étage en raison de l'orientation plein ouest mais aussi a cause du plafond exposé au rayonnement solaire car au dessus il s'agit d'un terrasse accessible.

Pour améliorer les conditions thermiques les habitants ont recours aux climatiseurs dont l'utilisation varie selon l'activité anthropique. Tableau 6

ETAGE	PIECE	HORRAIRE USAGE	REMARQUE
RDC	Cuisine	/	Le taux d'insatisfaits est a 100%,car tout les habitant atteste une situation d'inconfort et estime qu'il est impossible d'utiliser les espaces de vie sans les climatiseurs pour réguler la température 25°C au salon, 24°C a chambre 1,et 22°C a la chambre 2.
	Séjour	16h-19h rare	
1ER ETAGE	Chambre 1/2	00h-12h 15h-17h Quotidien	
	Chambre parentale	23h-07h Quotidien	
	Salon	13h-19h 22h-10h	
2^{EM} ETAGE	Séjour	22h-09h rare	
	chambre1	/	

VIII. RECOMMANDATION

La solution pour assurer l'efficience énergétique est le bâtiment passif.

Selon diagramme psychrométrique Givoni 1978 les corrections a prévoir sont les suivantes:

- masse thermique élevée avec ventilation nocturne
- masse thermique élevé
- ventilation naturel et mécanique

combiné a d'autre stratégies de refroidissement passif on peut diminuer l'usage des climatiseurs et voir même s'en passé en adoptant les stratégies suivantes

- emplois de matériaux a forte inertie thermique pour assurer le déphasage de températures.
- une enveloppe performante
  - ✓ une bonne isolation thermique
  - ✓ étanchéité a l'air :réduire les infiltration d'air peut économiser 5-40% des besoins de refroidissement.
  - ✓ une exposition optimum au soleil
- obstruction du vitrage
- utilisation du double vitrage au lieu du vitrage simple.
- protection solaires fixe et mobile
- parement clair pour les murs extérieur, et la toiture

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

- diminuer le coefficient de forme K pour diminuer la surface déprédative de l'enveloppe.
- stratégie bioclimatique du froid.
  - ✓ Eviter: enveloppe performante
  - ✓ Protéger: protections solaires
  - ✓ Refroidir: point d'eau, végétation
  - ✓ Minimiser les apports internes
  - ✓ Dissiper: ventilation naturel

IX. CONCLUSION

La situation de stresse climatique ressentie par les habitants est du au défaut de construction, le mauvais choix des matériaux de construction, l'orientation, les pont thermique, ainsi qu'au manque de geste écologique de la part des habitants tant dans le choix des appareils électro ménager, des dispositif pour l'éclairage et la climatisation sans se soucier de l'étiquette écologique, que quand dans leurs emplois, c'est pourquoi avant de penser a apporter des corrections d'ordre technique il est primordiale d'agir sur le facteur anthropique.

L'insatisfaction des habitants vis a vis de leurs environnement thermique se traduit par une consommation énergétique importantes qui nécessite d'être raisonner, On peut assurer l'efficience énergétique par le billet du bâtiment passif et son enveloppe performante car c'est la partie exposé au aléas de la nature, elle joue le rôle de régulateur déterminant l'ambiance intérieur de l'habitation en effet elle crée un micro climat avec ses propres paramètres de température, humidité, ventilation, éclairement, ensoleillement... ect qu'elle détermine par sa forme, ses composants, et son orientation, donc c'est grace au batiment passif adapté au climat semi-aride de la ville de Guelma qu'on peut y assurer l'efficience énergétique.

REFERENCES

[1] (Marité Milon, 2004)
[2] (Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail du Québec, 2002)
[3] (C.C.H.S.T - Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail, 2002
[4] LIEBARD.allin et DE HERDE.andré. traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique _ Paris : le moniteur, 2000 p 83 b
[5] M'Sellem* , D.alkama. « Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique - Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec ». Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°3 (2009) 471 – 488
[6] BENHARRA Houda: Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-. Université Mohamed Khider - Biskra pp (12)
[7] Hocine Tebbouche a , Ammar Bouchair b,Said Grimes c . « Towards an environmental approach for the sustainability ofbuildings in Algeria. ».Energy Procedia 119 (2017) 98-110 pp 05
[8] BENHARRA Houda: Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-. Université Mohamed Khider - Biskra pp (13)
[9] BENHARRA Houda: Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-. Université Mohamed Khider - Biskra pp (13)
[10] Marco A. Ortiz∗ , Stanley R. Kurvers, Philomena M. Bluyssen. « A review of comfort, health, and energy use: Understanding daily energy use and wellbeing for the development of a new approach to study comfort ». Energy and Buildings 152 (2017) 323–335 pp 05
[11] FRECHMANN, Kolon et al. Architecture et énergie un enjeu pour l'avenir _ Paris : place des victoires pp10
[12] Site internet de la Plate-forme Maison Passive asbl (www.maisonpassive.be)
[13] Ingy El-Darwish *, Mohamed Gomaa. « Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency ». Alexandria Engineering Journal (2017).pp 02

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Le $CuInSe_2$ en couches minces est une structure de base pour une application photovoltaïque.

GHALMI Leila [1], BENSMAINE Souhila [2]

Département de Physique, Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen, Algérie.

[1,2] Unité de Recherche Matériaux et Énergies Renouvelables (URMER). Université de Tlemcen (UABT). BP n°119. Tlemcen. 13000. Algérie.

[1] Ghalmileila2017@gmail.com

[2] s_bensmaine@yahoo.fr

Résumé — **Le CIS ($CuInSe_2$) est l'un des matériaux semi-conducteurs les plus prometteurs pour la production des piles solaires en couches minces, efficaces et moins coûteuse. Des instituts de recherches ont annoncé leurs plans pour les chaines de production de celles-ci. Mais la technologie CIS requière encore davantage d'attention concernant l'industrialisation et la stabilité à long terme. Dans ce travail nous nous intéressons à l'étude des couches minces du composé ternaire $CuInSe_2$, qui ont révélé récemment beaucoup d'intérêt dans la communauté des sciences des matériaux et leurs utilisations pour la fabrication des cellules photovoltaïques. En effet, dans notre étude nous avons donné les principales caractéristiques des matériaux les plus utilisés en couche minces en guise de comparaison avec le $CuInSe_2$, en suite nous nous sommes intéressés aux types de cellules qui ont été élaboré à base de ce semi-conducteur et les améliorations qui sont apportées à celles-ci en illustrant leurs performances. Par ailleurs, nous avons pris le soin de présenter les méthodes et techniques d'élaboration de ce dernier. Finalement, nous présentons les résultats de simulation d'une cellule typique à base de CIS en utilisant le logiciel de calcul SCAP-1D tout en variant les deux paramètres suivants :**

- **La variation de la température de 300°C à 350°C**
- **La variation de l'épaisseur de la couche CIS de 0,5µm à 3,0µm**

Mots clés — **$CuInSe_2$, couches minces, SCAPS-1D, Application photovoltaïque.**

I. Introduction

L'un des principaux obstacles rencontrés pour que le photovoltaïque devienne plus populaire est le cout du watt produit [1]. Il n'est pas encore concurrentiel à celui de l'électricité produite par les méthodes conventionnelles. Durant les dernières décennies, la course des différents groupes de recherches et de sociétés vers la diminution du prix du watt d'électricité produite par le photovoltaïque, conduit au développement de nouveaux semi-conducteurs considérés actuellement comme matériaux promotteurs pour les applications photovoltaïques. Parmi ces candidats, les couches minces de di-séléniure de Cuivre et d'Indium ($CuInSe_2$). Par rapport au silicium, les cellules solaires à base de ce semi-conducteur présenteraient une efficacité élevée, une excellente stabilité, une résistance aux irradiations et une durée de vie plus longue. Cependant, après plus de trente années de recherches et de développement les cellules à base de CIS viennent tout récemment de passer au stade industriel et commercial, avec par exemple, la mis au point en 2007 d'une unité de production avoisinant les 100 MW annuelle [2]. La question qui se pose, qu'est ce qui doit être fait pour que la technologie CIS atteint une grande échelle de production d'électricité photovoltaïque?

II. Le matériau CIS

Le diséléniure de Cuivre et d'Indium (CIS) est un matériau composé de type I-III-VI, de structure chalcopyrite très prometteur, puisque le rendement théorique de l'hétérojonction (n) CdS-(p) $CuInSe_2$ se situe autour de 25 % [3]. Les cellules à base de composés chalcopyrites quaternaires du type Cu (Ga, In) $(Se, S)_2$ ont récemment atteint des rendements de 17 % [4]. Les principales améliorations sont venues de l'élargissement de la bande interdite du $CuInSe_2$ (Eg = 1.02 eV) par l'utilisation d'alliages du type $CuGaSe_2$ et $CuInS_2$.

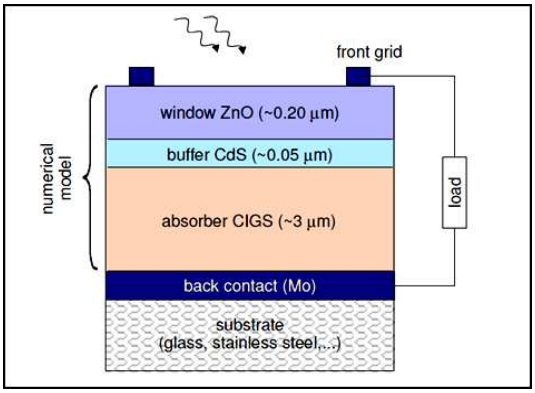


Fig 1 : Schéma d'une coupe transversale d'une hétérojonction CIS /CdS[3].

III. Types des cellules solaires a base de CIS

Toutes les cellules sont créées à partir de matériaux semi-conducteurs. La plupart du temps, c'est le silicium (Si) qui est utilisé mais on rencontre aussi le sulfure de cadmium (CdS), le tellure de cadmium (CdTe), des alliages de cuivre indium et sélénium (CIS), …

Copyright - 2019

ISSN 1737-9334

A. Cellule solaire à homojonction:

Dans le domaine des couches minces de CIS, on constate qu'il y'a très peu de travaux de recherches pour la réalisation d'homojonction basées sur ces matériaux. Selon S.Kohiki et al [5], la conductivité des couches minces Cu-In-Se, dont la structure est du type chalcopyrite, change du type n vers le type p par implantation d'ions des éléments de la colonne V (N, P, Sb ou Bi) dans la mesure ou ces ions substituent les atomes de Se dans la couche. A titre d'exemple, une diode à homojonction p-n a été fabriquée par implantation ionique d'ions d'azote à 450°C dans une couche CIS (type n), pendant une minute [6]. Un rendement de 0.35 % sous éclairement AM 1.0 (100 mW/cm^2), sur une surface de 4 mm^2, a été obtenu sur cette photodiode. On note également les paramètres suivants : V_{co}=0.098 V, J_{cc} = 9.11 mA/cm^2 et un facteur de forme FF=39 %.

B. Cellules solaire à heterojunctions

Etant donné que les matériaux en général sélectionnés comme couches minces pour les cellules solaires sont des semi-conducteurs à gap direct et souvent d'un seul type (n ou p), les hétérostructures sont généralement utilisées pour réaliser une barrière de potentiel [7].

1) La photopile primitive (dite Boeing) :

Ceux sont les travaux effectués chez Boeing qui ont définit la structure des hétérojonctions à base de CIS (figure 2) [8]. Au cours des premières recherches l'absorbeur CIS de type p étaient formés de deux couches évaporées sur un contact arrière de Molybdène (le Molybdène étant utilisé à cause de sa non réactivité avec le CIS) le rapport Cu/In dans le film de CIS étant le paramètre clé pour les performances de la cellule, la composition de la couche composite finale était un léger excès de Cu par rapport à In près du contact au Mo et l'inverse c.-à-d. un excès d'In par rapport au Cu sur le dessus (donc près de la jonction).

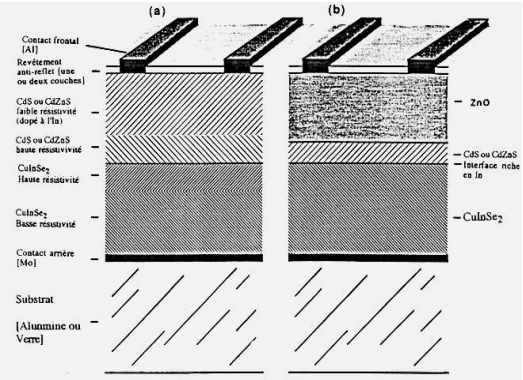


Fig 2 : Coupe transversale d'une cellule type CuInSe2/(Cd,Zn)S. a)structure conventionnelles avec des couches actives et fenêtres optique en bicouches. b) fenêtre optique ZnO/CdS [7]

2) *La cellule améliorée :* C'est le groupe Arco Solar (Brevet Choudary et al en 1986) qui eut l'idée de remplacer le CdZnS par deux couches : une couche très fine (50 à100 Å) de CdS déposée sur le CIS actif par dépôt en bain chimique (CBD : Chemical Bath Déposition), suivie du dépôt par sputtering ou MOCVD d'une couche conductrice et transparente de ZnO (1.5 µm) dopée en général à l'aluminium.

Ainsi c'est l'utilisation de la fenêtre optique ZnO/CdS mince qui, en améliorant la réponse de la photopile dans le bleu (figure 3) a permis d'augmenter considérablement le rendement [9]. C'est donc cette technologie qui a été adopté par la plupart des équipes travaillant sur les photopiles à base de CIS.

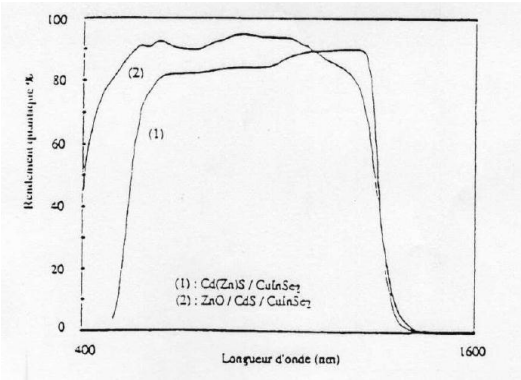


Fig 3 : Comparaison des spectres de rendement quantiques des dispositifs à base de couches minces $CuInSe_2$ avec :
1) Une fenêtre optique standard (Zn,Cd)S.
2) Une fenêtre multicouches ZnO/CdS.

IV. TECHNIQUES D'ELABORATION DU CIS

Les méthodes utilisées pour le dépôt des couches minces peuvent être divisées en deux groupes basés sur la nature du processus physique ou chimique du dépôt. Les méthodes physiques incluent le dépôt à vapeur physique dite "PVD" (Eng. Physical Vapor Deposition), l'ablation laser, épitaxie par jet moléculaire "MBE", et la pulvérisation Cathodique "Sputtering" [10]. Les méthodes chimiques incluent, les méthodes à dépôt en phase gazeuse et les techniques à solution (Figure 4). Les méthodes en phase gazeuse sont le dépôt à vapeur chimique (Chemical Vapor Deposition CVD) [11] et l'épitaxie à couche atomique (Atomic Layer Epitaxy ALE), tandis que les méthodes de spray pyrolys, sol-gel, spin coating et dip-coating emploient des solutions comme précurseurs [12].

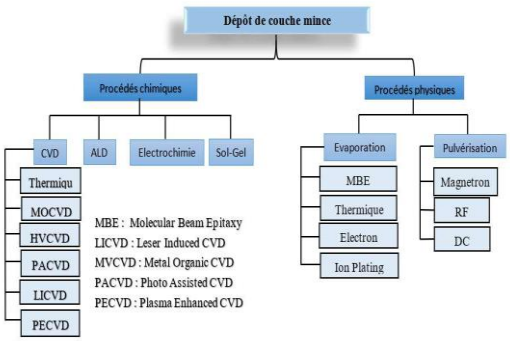


Fig 4 : Présentation des principaux procédés de dépôt de couches minces [13].

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

V. Simulation numerique de la cellule CIS par SCAPS-1D.

Nous nous introduisons le concept de simulation numérique des semi-conducteurs, particulièrement l'application sur les cellules solaires du type $CuInSe_2$ en utilisant le logiciel de calcul SCAPS-1D, développé spécialement pour la simulation des cellules à base de CIS.

A. La cellule utilisée, ($ZnO/CdS/CuInSe_2$) :

On se propose de simuler les propriétés essentielles d'une cellule à base de $CuInSe_2$ ayant une structure composée d'un oxyde transparent conducteur (OTC) de type n-ZnO, une couche tampon n-CdS et d'une couche absorbante de type p-$CuInSe_2$ (Figure 5).

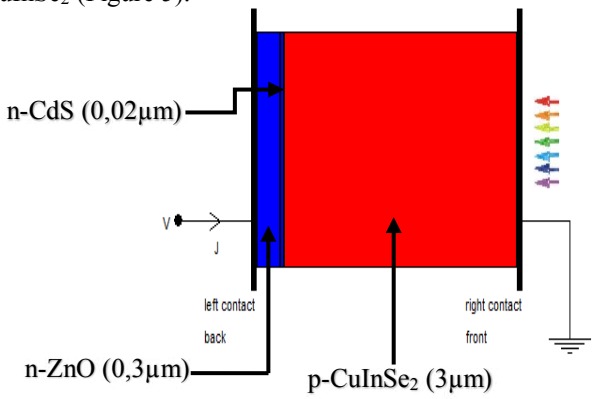


Fig 5 : La cellule ZnO/CdS/ $CuInSe_2$

B. Les grandeurs technologiques d'une cellule solaire :

La caractéristique I=f(V) noté aussi « I-V » est une fonction qui décrit le comportement de la photopile, et à partir de laquelle plusieurs paramètres relatifs à la cellule peuvent être calculés.

1) Le courant de court-circuit I_{cc} : correspond à l'intensité du courant de court-circuit, c.à.d. V=0

2) La tension à circuit-ouvert V_{co} : correspond à la tension en circuit ouvert c.à.d. I=0

3) La puissance maximale P_m : C'est la puissance maximale de sortie correspondant au point pour lequel le produit de là de la tension et de l'intensité du courant soit maximal

$$\mathbf{P_m = V_m . I_m}$$

4) Le facteur de forme : C'est le rapport entre la puissance maximale délivrée par la cellule et le produit entre I_{cc} et V_{co} correspondant à la puissance maximale idéale

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{co} I_{cc}} = \frac{P_m}{V_{co} I_{cc}}$$

5) Le rondement η : mesure le taux de conversion énergétique

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{V_{co} I_{cc}}{P_{in}}$$

6) Le rendement quantique QE : C'est le nombre de pairs électron-trou photo-générés par le nombre de photons incidents sur la cellule. Il est mesuré en fonction de la longueur d'onde.

Le courant de court-circuit peut être calculé à partir du rendement quantique.

$$I_{cc} = \int_0^{\infty} QE(\lambda) . \varphi(\lambda) dE$$

VI. Simulation, Resultants et discussion

Les figures 6.a et 6.b montrent les résultats de la simulation des caractéristiques I-V sur la cellule ZnO/CdS/CIS à l'obscurité et sous éclairement respectivement, avec :

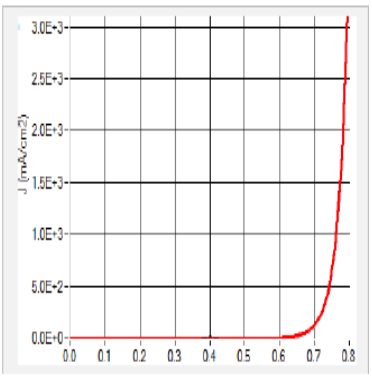


Fig 6.a : Caractéristique I-V à l'obscurité

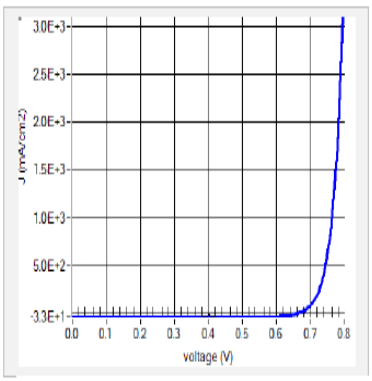


Fig 6.b : Caractéristique I-V sous éclairement.

Une tension à circuit ouvert V_{co}=0.6617 V, un courant de court-circuit J_{cc}= 32.89 mA/cm^2, un facteur de forme FF=81.30 et un rendement de conversion η=17.69%.

Le rendement quantique de la cellule est donné sur la figure 7 montre un pic entre les valeurs 90 -100 % puis une diminution due aux pertes par recombinaison.

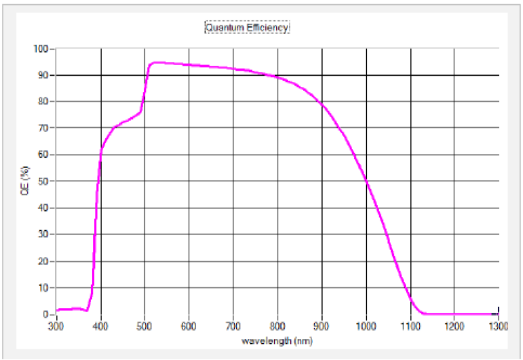


Fig 7 : Rendement quantique QE de la cellule ZnO/CdS/$CuInSe_2$.

A. Influence de la température de fonctionnement sur les paramètres de la cellule :

La température joue un rôle très important sur les performances de la cellule solaire. La valeur qui correspond à un fonctionnement optimal de la cellule est T=300 K. les résultats de la simulation montrent que le paramètre le plus affecté par la variation de la température est la tension de circuit ouvert V_{co}, son influence sur cette dernière est montrée sur la figure 8.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Tableau 1: Simulations I-V pour différentes valeurs de la température.				
T (K)	**V_{oc} (V)**	**Jcc(mA/cm²)**	**FF**	**η (%)**
300	0.6617	32.8906	81.30	17.69
310	0.6415	32.9087	80.83	16.98
320	0.6217	32.9266	79.88	16.35
330	0.6013	32.9446	79.05	15.66
340	0.5813	32.9229	78.28	15.00
350	0.5609	32.9816	77.42	14.32

Les valeurs obtenues pour la tension à circuit ouvert et le courant de court-circuit sont portés sur le tableau 1.

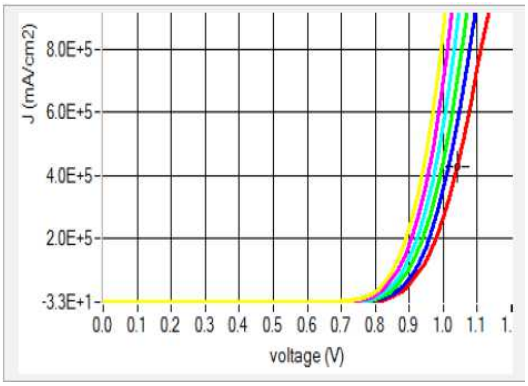


Fig 8 : Les simulations I-V pour différentes valeurs de la température. T varies de 300K (rouge), à 350K (jaune).

En effet, lorsque la température augmente la bande de gap devient plus étroite et ceci accélère le phénomène de recombinaison des pairs électrons-trous entre la bande de conduction et la bande de valence.

La forte réduction de V_{co} conduit à une diminution du facteur de forme FF ainsi que du rendement de conversion η de la cellule solaire.

B. Influence de l'épaisseur de la couche absorbante $CuInSe_2$:

L'effet de la variation de l'épaisseur de la couche absorbante CIS et sur les grandeurs I-V de la cellule est donné par le tableau 2.

Les deux valeurs V_{co} et J_{cc} diminuent lorsque l'épaisseur de la couche absorbante diminue car celle-ci absorbe de moins en moins de photons ayant les longues longueurs d'onde, ce qui influence négativement sur le taux de génération de pairs électrons-trous.

L'effet de la réduction de l'épaisseur de la couche absorbante CIS sur le rendement quantique observé dans l'intervalle des longueurs d'onde λ= 450 à 1100 nm et est montré sur la figure 9.

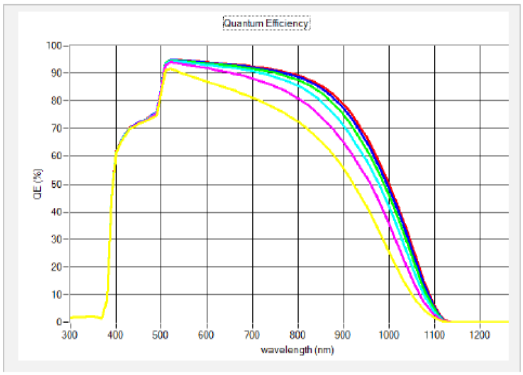


Fig 9 : Rendement quantique QE pour différentes épaisseurs de la couche $CuInSe_2$. L'épaisseur varie de 3.0µm (rouge) jusqu'à 0.5µm (jaune).

Tableau 2 : Paramètres I-V pour différentes épaisseurs de la couche $CuInSe_2$.				
Epaisseur de la couche $CuInSe_2$ (µm)	**Vco (V)**	**Jcc (mA/cm²)**	**FF**	**η (%)**
3.0	0.6617	32.8906	81.30	17.69
2.5	0.6595	32.6243	81.18	17.47
2.0	0.6554	32.1956	80.92	17.07
1.5	0.6488	31.4742	80.76	16.49
1.0	0.6405	30.5196	80.11	15.36
0.5	0.6090	27.6702	76.98	12.97

Pour les petites épaisseurs, le phénomène de générations de pairs électrons-trous se passe près des interfaces avec le CIS et le contact arrière (forte densité de défauts donc de centres de recombinaisons) ce qui réduit le nombre de pairs électrons-trous générées et donc du rendement quantique QE.

En revanche, pour des couches plus épaisses la génération se passe loin des interfaces c'est pourquoi on observe une augmentation du rendement. Une épaisseur de 3.0 µm parait être adéquate pour avoir un rendement optimal (17.69 %).

VII. CONCLUSIONS

Dans le but de pouvoir améliorer les performances des dispositifs photovoltaïques, ceci nécessite parfois la présentation de modèles théoriques pour la simulation numérique. Dans ce travail nous avons introduit le concept de simulation numérique sur la cellule solaire à base de CIS, en prenant le soin de présenter le logiciel de calcul utilisé (SCAPS-1D).

En effet, les propriétés intrinsèques de la cellule sont très importantes et influencent largement les performances de celle-ci telle que la température de fonctionnement, les épaisseurs des couches composant la cellule. Ceci est illustré dans les caractéristiques I-V et les courbes obtenues pour le rendement quantique, avec un rendement de conversion optimal égal à 17.69% pour une couche absorbante de 3µm.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Finalement, les rendements atteints par les cellules CIS et les performances dont il a fait preuve font de lui l'un des matériaux qui contribueront fortement au potentiel énergétique solaire du futur.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à toute l'équipe de la division 1 Matériaux Photovoltaïques (MPV) au sein de notre Unité de Recherche Matériaux et Energies Renouvelables (URMER). Tlemcen, Algérie.

REFERENCES

[1] I. Dehmous, Etude des couches minces de $CuInSe_2$ pour une application photovoltaïque. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. (2012).
[2] D. Iincot et J. F. Guillemdes, Institut de recherche et développement sur l'énergie photovoltaïque.
[3] Ingrid Repins ; Miguel A. Contreras , Brian Egaas , Clay DeHart ,John Scharf ,Craig L. Perkins, Bobby To, Rommel Noufi. 19·9%-efficient ZnO/CdS/CuInGaSe2 solar cell with 81·2% fill factor. (2008).
[4] S. Beghdadi. Etude des performances d'une cellule solaire de type Cu (In,Ga)Se_2 (CIGS). Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen. (2016).
[5] S. Kohiki, M.Nishitani, T. Negami, K. Nishikora and T.Kerao. appl phys letters. (1991).
[6] M. Nishitani et al. J. app phys. (1993).
[7] W. H. Bloss and H. W. Schock proc 8th.E.C photovoltaic solar energy conf Florence. (1988).
[8] R. A. Mickelsen and W. S. Chen, Proc.16th IEEE photov. SPEC. Conf. (1982).
[9] K. Mitchell, C. Eberspatcher, G. Ermer and D. Pier.proc 20th IEEE Photovoltaic solar energy conf New York. (1988).
[10] S. Bensmaine. Dépôt de couche minces d'oxyde de zinc avec axe c incliné par la pulvérisation magnétron et la réalisation des dispositifs à ondes acoustique de surface SAW. Doctorat. (2008).
[11] Y. Natsume, H. Sakata, T. Hirayama and H.J. Yanagita, Phys. Status Solidi. (1995).
[12] H. Belkacemi, Dépôt et Caractérisations des Couches minces de ZnO Avec Différentes Sources de Zinc, Université Mohamed kheider-Biskra. (2011).
[13] A.R. Elshabini-Riad and F.D. Barlow, Thin Film Technology Handbook, III series McGraw-Hill. (1998).

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Les intentions bioclimatiques des architectes de la Reconstruction tunisienne d'après-guerre : cas des logements collectifs d'El Menzah 1

Salma Gharbi[#1]

[#]*Université de Carthage, ERA, Ecole Nationale d'Architecture et d'Urbanisme de Tunis, Tunisie*
[1]elgharbisalma@hotmail.com

***Résumé*— Nous nous intéressons dans cet article à un legs architectural et urbain de la période de la Reconstruction tunisienne d'après-guerre et spécifiquement au quartier d'El Menzah 1 à Tunis. La particularité de ce quartier est l'approche environnementaliste de ses concepteurs, se souciant de l'intégration des logements dans leur environnement naturel et microclimatique. Il est question ainsi d'étudier les intentions bioclimatiques de l'équipe de Bernard Zehrfuss, architecte en tête de l'équipe reconstructrice et de questionner leur pertinence de termes d'ambiances lumineuse et aéraulique.**

***Keywords*— intégration, conditions microclimatiques, intentions bioclimatiques, ambiance lumineuse, ambiance aéraulique**

I. Introduction

Peut-on parler d'intentions bioclimatiques liées à la manière de faire de l'équipe de la période de la Reconstruction tunisiennes d'après-guerre ? ce questionnement est basé sur les choix conceptuels entrepris par l'équipe de Bernard Zehrfuss architecte en chef de la Reconstruction. En effet, même si de formation académique classique, ces architectes ont été longtemps bercé par les idéaux modernistes du Mouvement Moderne prônant plusieurs recommandations liées à l'environnement naturel et la prise en compte de son cadre physique. Ainsi nous allons entreprendre dans cet article de cerner les intentions environnementalistes de ces concepteurs qu'ils soient relatives à la dimension urbaine du quartier d'El Menzah 1, œuvre phare de l'équipe, ou à sa dimension architecturale relative aux immeubles collectifs dressés en barre.

II. Cadre historique de la pensee environnementaliste

Pour mettre les choses dans leur contexte, nous devons remonter aux prémices de la pensée bioclimatique et précisément à sa relation avec l'évolution de l'habitat. Ainsi nous développons dans ce qui suit l'intérêt des concepteurs aux données de l'environnement physique relatives à la lumière et à la ventilation naturelle et ceci dans la période hygiéniste, moderne et contemporaine. La période moderne dans laquelle s'inscrit l'œuvre de la Reconstruction est une charnière dans l'évolution de l'habitat collectif depuis les recommandations hygiénistes de la fin du 19ème siècle et début du 20ème siècle jusqu'aux nouvelles tendances écologistes du 21ème siècle (fig. 1).

A. *La période hygiéniste*

La période hygiéniste remonte à la fin du 19ème siècle, où un courant de pensée est né, suite aux conditions de vie chaotiques de la population et les découvertes médicales, comme celle de Louis Pasteur. La tâche de l'architecte fut importante et devait trouver sa juste place entre le savoir médical et le pouvoir politique [1]. L'architecte était redevable de répondre aux exigences des hygiénistes d'une part, et de respecter le règlement régissant la construction d'une autre part. La conception architecturale devait être régie par une réglementation administrative qui fut établie suite à un état des lieux de l'insalubrité des logements. Ainsi, une fois le nouveau règlement énoncé, on pouvait voir l'application des théories architecturales et urbaines de la période hygiéniste sur le bâti et cela s'est manifesté en trois grandes théories : i. Théories des expositions et des orientations ii. Théories des gabarits des rues iii. Théories des formes et dispositifs des bâtiments, appliquées principalement par les deux architectes ; Auguste Rey à travers son axe héliothermique et le plafond lumineux, et Henri Sauvage à travers ses immeubles à gradins.

B. *La période moderne*

L'habitat collectif à l'époque moderne rencontre une toute autre tournure, celle convoitant « *l'idéal solaire de l'hygiénisme, conjugué à l'évolution de l'architecture moderne* » [2]. L'intérêt porté à la lumière naturelle n'est plus le même, suite aux découvertes médicales de la vaccination contre certaines maladies. D'autre part, l'utilisation des nouveaux matériaux et les nouvelles techniques de construction, développées suite à la révolution industrielle, a permis la conception d'immeubles avec une surface importante de pans de verre. Permettant certes l'ouverture sur l'extérieur, cette surface va aussi créer une surchauffe à l'intérieur des logements. C'est ainsi qu'une nouvelle problématique se présente aux architectes : celle de la maitrise du flux solaire. Le principal architecte à s'être intéressé à cette question, reste sans doute Le Corbusier [3]. Il essaya de trouver des solutions architecturales et inventa son brise-soleil vers la fin des années 1920. Plus tard, il met aussi en œuvre un autre dispositif de protection solaire, la loggia, comme un espace tampon entre l'intérieur et l'extérieur pouvant temporiser les rayons solaires. Il conjugua ces deux dispositifs dans le projet de l'unité d'habitation de Marseille.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

En plus de l'important intérêt accordé à l'ensoleillement, les concepteurs du logement social de la période moderne se focalisaient aussi sur une autre composante physique qui est l'aération. L'aération ou la ventilation naturelle [4], assurera le renouvellement de l'air à l'intérieur des pièces qui permettra l'extraction de l'air pollué, malodorant et vicié. Un air purifié, préservera ainsi un climat intérieur sain, doté d'une température et d'une humidité adéquates à l'épanouissement de l'habitant.

C. La période contemporaine

Le langage contemporain adopté aujourd'hui au niveau des immeubles collectifs s'oppose au langage rationnel, répétitif et parfois systématique de celui produit jusqu'aux années soixante-dix. La mise en œuvre de logiciels de rendu et de conception en trois dimensions a facilité aux architectes, l'accès à un nouveau langage usant d'une volumétrie plus complexe, d'une gamme de couleurs et de textures plus recherchée et d'un style formel plus original répondant au développement des techniques de la fin de ce siècle. Outre cet intérêt à la forme, une autre démarche environnementale est née suite à la naissance de la mouvance écologique et de la politique du développement durable qui tend à trouver un juste équilibre entre les données environnementales, sociales et économiques. Ainsi, plusieurs architectes conçoivent aujourd'hui des logements collectifs et même sociaux qui prônent un respect au site, en minimisant les déperditions thermiques et en utilisant des matériaux écologiques. Cette démarche s'intègre dans la création des éco-quartiers qui offrent un cadre de vie participant au « vivre ensemble » et à « la mixité sociale » [5] mais aussi qui répondent aux besoins environnementaux en promouvant une bonne gestion des ressources et en participant à l'économie de la ville.

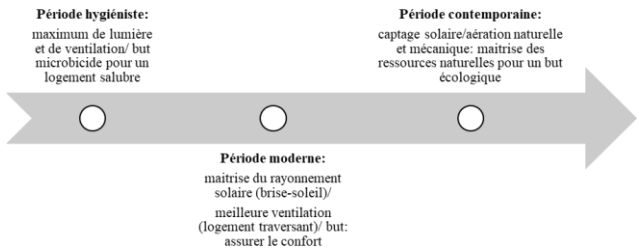


Fig. 1 : Intérêt face à l'ensoleillement et à la ventilation suivant l'époque, source : Auteure

III. LES INTENTIONS BIOCLIMATIQUES DES ARCHITECTES DE LA RECONSTRUCTION TUNISIENNE

Nous avons entrepris avant d'identifier les intentions conceptuelles des architectes un travail de collecte archivistique basé sur des extraits de revues internationales des années cinquante où l'équipe de Bernard Zehrfuss exprimait leur manière de concevoir les espaces urbains et architecturaux. Nous avons analysé le contenu et pu dégager un champ sémantique relatif à trois dimensions : celle lumineuse, aéraulique et visuelle. Ainsi pour la composante urbaine trois volets intéressaient les architectes, à savoir les voiries, les espaces verts et la disposition des immeubles selon l'orientation. Pour la composante architecturale, ils portaient l'intérêt plus à la ventilation naturelle des logements, à leur ensoleillement et spécifiquement à la protection solaire des espaces de vie [6].

A. La dimension bioclimatique dans l'espace urbain du quartier d'El Menzah

Conçue par l'équipe de Zehrfuss, la forme urbaine est composée de plusieurs entités qui permettent d'intégrer ce quartier dans la sphère de la pensée moderniste. Le système viaire, la circulation piétonnière, les espaces verts et le cadre bâti interagissent avec un intérêt majeur porté à la question de l'ensoleillement et de l'aération, créant un espace urbain structuré et aéré. Le quartier présente une densité faible ou moyenne, où les espaces vides enveloppent les espaces bâtis, avec une forte concentration de l'espace libre au centre même du quartier. La composante végétale est prédominante dans le quartier. Elle est présente dans les espaces communs, et matérialisée dans un îlot dédié à cette fonction. La végétation domine aussi les limites de l'espace dédié aux logements collectifs et ponctue plusieurs rues du quartier. L'habitat individuel est aussi délimité sur le pourtour par un espace extérieur végétal parfois très dense, dissimulant tout le bâti. L'ombrage par la végétation peut influer sur la qualité de vie, la création d'ambiance urbaine et les situations de confort thermique et visuel des usagers [7]. Une autre caractéristique du quartier réside dans le caractère multifonctionnel du lieu faisant en sorte d'offrir à part la composante résidentielle, d'autres fonctions comme les équipements scolaires (école primaire et collège), les espaces commerciaux regroupés au centre, et les espaces de jeux pour les enfants. Le tout donne naissance à un quartier autonome, où l'habitant minimise les trajets pour les courses quotidiennes à la manière des quartiers écologiques d'aujourd'hui, où la dimension sociale est favorisée afin de créer une mixité et un partage entre les voisins.

B. La dimension bioclimatique dans les logements du quartier d'El Menzah

La tranche du quartier étudiée est constituée de 9 immeubles en barre. Tous les immeubles répondent à la configuration d'une double exposition, avec une façade, où s'ouvrent sur des loggias, les espaces de vie orientés Sud-Est et une autre façade sur laquelle ouvrent les espaces de services donnant dans le cas du Balkiss sur une coursive orientée Nord-Ouest. Les façades des immeubles du quartier d'El Menzah 1, ne présentent pas d'ornementation spécifique. Elles répondent au caractère sobre et épuré de l'architecture moderniste. Cependant, nous remarquons que le traitement de la façade sud-est est différent de celui nord-ouest, où ont été utilisés des dispositifs architecturaux énoncés par l'équipe de Zehrfuss comme des dispositifs de protection solaire, se résumant à des loggias brise-soleil, des lamelles verticales, des loggias avec claustras et des avancés de maçonnerie. D'autres intentions conceptuelles permettent d'apporter une plus-value aux espaces en termes de ventilation, d'ensoleillement et d'apport thermique à savoir la double

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

exposition et la configuration traversante des logements et la construction en mur de moellon de 50 cm de largeur.

IV. PERTINENCE DES CHOIX CONCEPTUELS DES ARCHITECTES DE LA RECONSTRUCTION TUNISIENNE

Nous présentons dans ce qui suit les résultats de l'étude quantitative (simulations numériques d'une typologie de logement à l'aide du logiciel Solène) et qualitative (analyse des dispositifs architecturaux et enquête auprès des habitants). Rappelons que notre travail vise à évaluer la pertinence des choix bioclimatiques entrepris dans la conception du quartier et des logements de la première tranche d'El Menzah 1.

A. Structure de l'espace urbain, orientation et disposition des immeubles

La morphologie en barres des immeubles conditionne l'ambiance dans le quartier. Qu'elle soit lumineuse ou aéraulique, l'ambiance est directement liée à la structure urbaine du quartier. La forme en barres possède un double rôle ambiantal sur les espaces publics. D'une part, elle masque les rayons solaires et permette d'ombrager un grand tronçon des voies ; d'autre part, elle engendre des phénomènes aérauliques pouvant parfois être inconfortables en saison hivernale. La composante végétale, Qu'elle longe les rues, ponctue certaines zones ou se densifie dans d'autres, contribue à la caractérisation ambiantale du quartier en termes de dimension visuelle, lumineuse, thermique. Cette présence fait du quartier d'El Menzah un « îlot de fraicheur » [8] dans la ville de Tunis.

B. La façade épaisse

La façade épaisse ou poreuse est une spécificité de l'architecture de la Reconstruction tunisienne. En effet, un interstice est créé entre la limite extérieure du bâtiment et la limite intérieure du logement se déclinant en un dispositif appelé loggia. Ce dispositif constitué aussi de lamelles horizontales constitue un dispositif de protection solaire filtrant les rayonnements solaires.

1) Rôle du dispositif loggia brise-soleil : Nous avons simulé, à l'aide du logiciel de simulation solaire Solène, les durées d'ensoleillement et les niveaux d'éclairement dans les logements (fig. 2). Ces simulations prennent appui sur deux supports : les logements comme conçu par les architectes, et les logements comme modifiés par les habitants. La confrontation des deux états, nous a permis de dégager un écart (fig. 3) dans la qualité lumineuse et hygrothermique qui en est conséquente. En effet la suppression de la loggia, ayant pour rôle de masquer les rayons solaires parfois pénibles en été, dans les logements engendre des zones où les durées d'ensoleillement et les niveaux d'éclairements sont assez élevés. Ceci peut engendrer un inconfort lumineux et hygrothermique pour les habitants

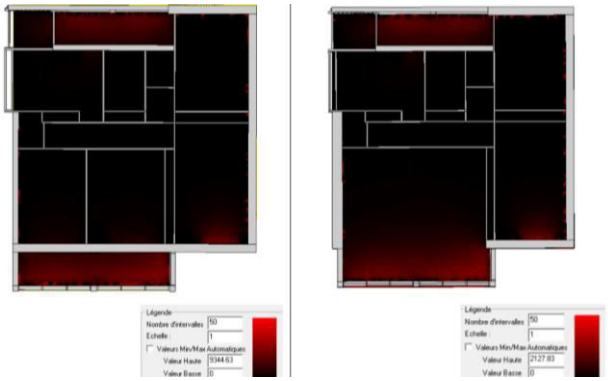
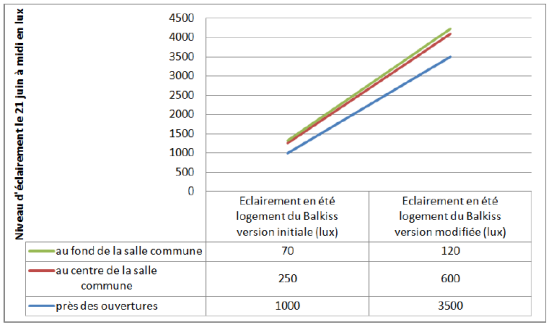


Fig. 2: Niveau d'éclairement le 21 juin à midi du logement de l'immeuble Balkiss dans son état initial/modifié, source : Auteure

.



	Eclairement en été logement du Balkiss version initiale (lux)	Eclairement en été logement du Balkiss version modifiée (lux)
au fond de la salle commune	70	120
au centre de la salle commune	250	600
près des ouvertures	1000	3500

Fig. 3: Ecart au niveau de l'éclairement dû à la suppression de la loggia, source: Auteure

L'équipe de Zehrfuss, soucieuse des conditions climatiques du site, a su transposer des doctrines urbanistiques et architecturales interagissant avec l'environnement physique du quartier, des immeubles et des logements. Toutefois, cette interaction est aujourd'hui déréglée par les modifications apportées par les habitants sur ce cadre bâti. En ce qui concerne la dimension aéraulique, nous pouvons constater qu'en été, la façade de la loggia est directement exposée aux vents chauds de l'Est-Sud-Est. Un courant d'air dégagerait l'air vicié de l'autre côté. La loggia atténuerait l'effet de ces vents chauds. En hiver, les vents dominants sont plutôt du côté de la façade postérieure Nord-Ouest. L'air neuf passe donc à travers les ouvertures de la cuisine ou de la salle de bain et s'évacuerait du côté de la loggia. Un courant d'air est ressenti par les usagers, donnée confirmée par nos enquêtes auprès des habitants.

2) trous d'aération : Un autre dispositif d'aération naturelle a été utilisé par les concepteurs. Ce dispositif est matérialisé par de petits creux (fig. 4) dans la paroi extérieure du logement du modèle de l'immeuble Virgile donnant sur la loggia orientée sud-est, ainsi que sur la façade opposée Nord-Ouest. Ce procédé, souvent utilisé dans l'architecture vernaculaire, permet l'apport d'un effet-cheminée dans les pièces et faisant circuler l'air de bas en haut.

Copyright - 2019

ISSN 1737-9334

Fig. 4: Trous d'aération permettant la ventilation naturelle de l'espace de vie dans le logement de l'immeuble Virgile: source: Auteure

C. L'effet traversant des logements

La double exposition des appartements sur deux façades opposées sud-est nord-ouest (fig. 5), permet un apport solaire continu à l'intérieur des espaces tout au long de la journée et une très bonne ventilation naturelle permettant le dégagement de l'air vicié. Les habitants attestent que leur logement est « bien conçu » en termes d'exposition et d'ouvertures sur l'extérieur. La question d'humidité est complétement écartée dans leurs propos ce qui affirme encore plus le bon ensoleillement et la bonne aération des logements.

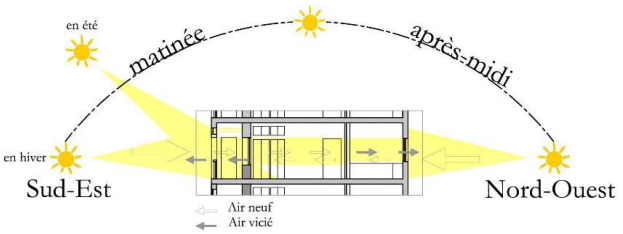


Fig. 5: La double exposition sud-est, nord-ouest des logements du quartier d'El Menzah, source: Auteure

V. CONCLUSIONS

Les architectes de la Reconstruction tunisienne d'après-guerre étaient soucieux de concevoir, dans le quartier d'El Menzah 1 à Tunis, un cadre urbain et des logements en concordance avec les données de l'environnement physique et spécifiquement celles relatives aux stimuli de la lumière et du vent. Nous avons ainsi pu dégager plusieurs intentions conceptuelles et dispositifs engendrant des climats intérieurs et extérieurs en adéquation avec le soucis environnemental et usager des habitants comme : la forme de l'espace urbain et la disposition des immeubles, l'effet masque et régulateur de la végétation, l'effet isolant des murs extérieurs en moellon de 50cm, les cages d'escalier ouvertes et aérées, le traitement en claustra, l'effet masque de la loggia et autres dispositifs de protection solaire, l'effet traversant des appartements et les fentes d'aération hautes. Ces intentions ont été évaluées qualitativement et quantitativement et les résultats de cette appréciation, attestent d'une pertinence dans le choix conceptuel des architectes faisant du quartier d'El Menzah, œuvre de la période moderne de l'histoire de la Tunisie, une référence en termes d'habitabilité environnementale qui pourrait bien sure être sujet de réhabilitation énergétique afin de le rehausser aux standards écologiques internationaux de notre époque.

REFERENCES

[1] Mory, P. (2001). Architecture et hygiénisme à Paris au début du XXe siècle : l'architecte entre savoir médical et pouvoir politique. Dans P. Bourdelais, Les hygiénistes ; enjeux, modèles et pratiques (p. 540). Paris : Belin.

[2] Harzallah, A. (2007, janvier 11). Émergence et évolution des préconisations solaires dans les théories architecturales et urbaines en France, de la seconde moitié du XIXe siècle à la deuxième guerre mondiale. Nantes.

[3] Corbusier, L. (1955). Œuvres Complètes 1946-1952 (Vol. 5). Zürich : GirsbergerR.

[4] Bonneaud, F. (1998). Ventilation naturelle des bâtiments collectifs dans les départements d'outre-mer : influences de la forme et de la composante de l'habitat. Nantes-Grenoble : Ecole d'Architecture de Nantes, Ecole d'Architecture de Grenoble.

[5] Athamena, K. (2012). Modélisation et simulation des microclimats urbains : étude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs. Cas des éco-quartiers. Nantes : Thèse de Doctorat, spécialité architecture, Ecole Centrale de Nantes.

[6] Gharbi S. (2017) ; Identification et caractérisation des ambiances d'un quartier d'habitat collectif de la période de la Reconstruction tunisienne de l'après-guerre : cas du quartier d'El Menzah 1 (ex Crémieux-ville) à Tunis » (thèse de doctorat non publiée), Ecole Nationale d'Architecture et d'urbanisme de Tunis, Tunisie

[7] Gharbi, S., Belakehal, A. (2017). Les ambiances du quartier d'El Menzah : impacts de la morphologie urbaine et de la végétation sur le vécu des habitants, XXXème colloque de l'Association Internationale de Climatologie (A.I.C), « Climat, ville et environnement », Sfax, Tunisie.

[8] Carrega, P., Charfi, S., & Dahech, S. (2010). Apport de l'imagerie spatiale dans l'étude multiscalaire de l'ilot de chaleur urbain à Tunis. 23ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie. Rennes.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

La reproduction de l'habitation troglodyte vernaculaire aux temps 'modernes'. Cas d'un projet d'habitat du 'plan de Constantine' a Biskra (sud-est Algérien).

Asma Achraf ZENDAGUI [1] et Azeddine BELAKEHAL[2]

Université de Biskra, Département d'architecture, Laboratoire LACOMOFA, Algérie

1e-mail: zendaguiasma2014@gmail.com

***Abstract*— Dans ce travail, il y aura lieu de reconstituer et examiner les ambiances générées à l'intérieur d'une habitation semi troglodytique, proposée pour confronter les conditions sévères du climat chaud et sec. L'étude architecturale du projet comportant cette proposition date de la fin des années cinquante. Elle fait partie d'une grande opération de logement dans l'histoire de l'Algérie appelée 'plan de Constantine. Le projet s'inscrit dans le registre de l'architecture du mouvement moderne. l'intérêt d'étudier cette facette environnementale physique des ambiances de ce projet revient au fait que cette opération de logement par souci économique interdit toute solution de conditionnement d'air par voie mécanique, entrainant une dépense notable d'énergie. L'ambiance y est donc tout simplement naturelle.**

***Keywords*— Habitat troglodytique, Architecture passive, Architecture moderne, Climat chaud aride et sec, Ciel Clair Ensoleillé, Environnements thermiques et lumineux.**

I. INTRODUCTION

Ces dernières décennies, la relation entre l'héritage architectural et l'approche environnementale est mise en exergue de jour en jour. La mise en valeur des architectures anciennes commence à prendre une nouvelle dimension dans le domaine de recherche scientifique ; celle de source inédite de solutions passives. Dans notre cas d'étude l'habitation troglodytique vernaculaire des anciens temps servait de référence aux architectes de la modernité, pour arriver à une architecture de simple confort avec le moindre cout. A notre ère, elle présente une référence à la fois économique, environnementale et durable. Ce qui va être illustré dans ce texte au moyen d'une étude ambiantale.

En premier, on commence par une contextualisation historique dans laquelle on présentera un aperçu sur l'habitat troglodytique, et les données historiques de genèse du projet objet d'étude, Qui sera objet d'une reconstitution virtuelle.qui nous donne à la fin un objet expérimental. Après avoir définir le Protocol expérimental, la variante reconstituée va être soumise à une simulation des environnements physiques générés.

II. L'HABITAT TROGLODYTIQUE

L'un des premiers abris humains sur terre. C'est une excavation dans la terre ou bien dans la roche qui possède plusieurs formes, et ça selon les caractéristiques géologiques du site. On trouve l'habitat excavé en puits ou en grotte (architecture traditionnelle Méditerranéenne, Euromed heritage). L'habitat troglodytique figure parmi les constructions spécifiques aux régions désertiques, elles sont nombreuses au Sahara citant les exemples du sud de l'Algérie (Tassili au Hoggar), aussi ceux du sud de la Tunisie (Matmata…) .les conditions qu'elles offrent sont peut-être la raison de leur utilisation dans cette catégorie de zones. Cette typologie d'habitat a suscité l'intérêt des architectes des temps modernes, tel une solution architecturale économique en matière de consommation énergétique. Cet intérêt a été soulevé lors d'une étude monographique d'un projet d'habitat inscrit dans le répertoire du mouvement moderne. Ou le maitre d'œuvre s'est mis à la recherche du type d'habitat le plus approprié aux contraintes climatiques et économiques imposés.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

III. CONTEXTE HISTORIQUE DU PROJET

Le projet objet d'étude, est un projet d'habitat de simple confort « évolutif », qui date de la fin des années cinquante. S'insère dans le cadre d'opérations connues par le 'plan de Constantine' (1958). Ce plan prévoyait environ 210 000 logements à travers le pays. Le projet a été destiné à la ville de Biskra, située au sud-est de l'Algérie, connue par son climat aride et chaud. L'étude été soumise à des contraintes économiques spéciales tel que l'interdiction de toutes sortes de climatisation mécanique. La mission de l'étude architecturale a été attribuée à l'architecte George Henri Pingusson, une figure représentative du mouvement moderne en France. Il a proposé le recours aux solutions des temps des anciens, qui se basent sur les principes de physique élémentaire utilisés pour la réfrigération économique, indiquant qu'elle est la meilleure réponse aux conditions climatiques sévères des milieux désertiques. Après son examen des bâtisses préexistantes et du contexte géo climatique. Il a suggéré une variante de logement qui rappel l'habitat troglodytique, il l'a nommé aussi habitat « géothermique » ou « souterrain ». Une reproduction moderniste d'un type d'habitat très ancien. L'étude du projet a atteint la phase d'exécution, mais sa réalisation fût abandonnée en raison de l'indépendance de l'Algérie. Pour cela, nous avons mené, en une première étape, une reconstitution virtuelle de l'habitation troglodytique proposée dans ce projet, et ensuite, soumis cette habitation à une évaluation des environnements physiques y générés par le moyen du logiciel ECOTECT.

Figure 1 photo de maquette du projet 540lgts

IV. MODELISATION 3D

Pour effectuer la modélisation, il nous a fallu le passage par trois étapes principales.
i) l'assemblage du corpus documentaire. Ii) la numérisation des documents. Iii) la modélisation 3D.

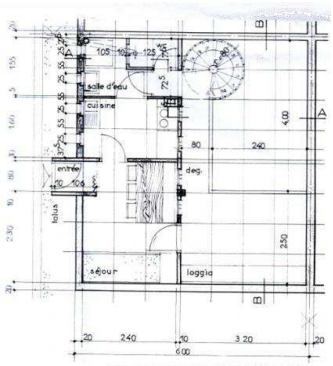


Figure 2 Plan RDC

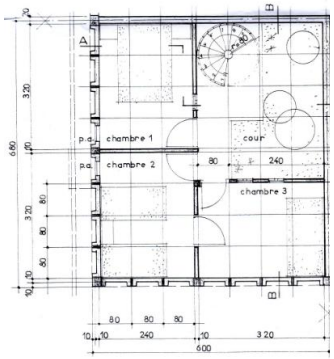


Figure 3 Plan du sous sol

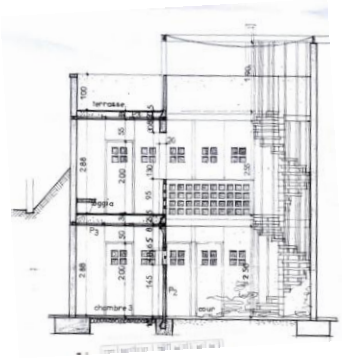


Figure 4 Coupe

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

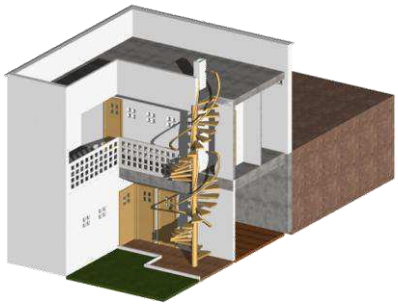


Figure 5 Axonométrie montrant l'ancrage de l'habitation dans le sol, source Auteur

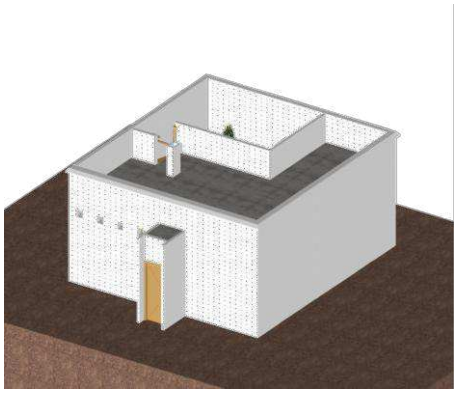


Figure 6 Aspect volumétrique de l'habitation semi troglodytique, source Auteur

V. SIMULATION DE L'ENVIRONNEMENT THERMIQUE ET LUMINEUX

La conformation architecturale de l'habitation étant définie , on procède à l'expérimentation de cette conformation dans son contexte naturel, par le moyen d'une simulation informatique à l'intérieur des logements. L'objectif est d'explorer les types d'ambiances générées à l'intérieur des logements. Soulignons qu'on va se limiter à simuler deux environnements physiques, ceux lumineux et thermique. Ces deux dimensions sensorielles sont choisies pour être étudiées suite aux intentions de G.H.Pingusson pour un logement saharien et sa croyance en l'existence d'une proposition idéale dans ce contexte.
En premier, on doit définir un protocole expérimental dans lequel on expose toutes les conditions génératrices des deux environnements physiques. Ce protocole est structuré sur la base d'un schéma illustratif (figure 7). Qui nous permet de comprendre comment s'interagissent les composantes de cette expérimentation ambiantale.

a. Contexte géo climatique

La ville de Biskra est située à 470 KM au Sud- Est d'Alger, sur les lignes 34,48° de latitude nord, et une longitude de 5,73°Est, et à 87 m d'altitude, elle se situe dans la zone D qualifiée comme étant semi-aride à climat chaud et sec.

b. Le macroclimat lumineux

Le macroclimat lumineux de la ville de Biskra ressemble en beaucoup d'aspects à celui des régions désertiques vue sa situation au nord du Grand Sahara. Un ciel clair régnant Presque toute l'année et dont la luminance atteint 100.000 lux (Satel-light.com).
La portion des jours nuageux est d'environ 6.66% et les jours ensoleillés constituent une portion d'environ 73%.

c. Outil de simulation thermique

Pour la simulation de l'environnement thermique on a utilisé Autodesk® Ecotect™ Analysis 2011 qui est un logiciel de simulation et de conception au même temps. Développé par Autodesk, Inc, il combine un modeleur 3D avec des analyses solaires, thermiques, acoustiques et de coût.

d. Outil de simulation lumineuse

Le programme Radiance (2.0 BETA) est un ensemble de programmes libres développé par Greg Ward Larsaon (1985 –1997) au laboratoire national de Laurent Berkeley pour l'analyse de haute précision et la visualisation de l'éclairage dans la conception. C'est le programme qui donne des valeurs simulées les plus proches de celles réelles spécifiques aux régions à ciel clair ensoleillé.

V. RESULTATS DE LA SIMULATION ET LEURS INTERPRETATIONS

a. la Simulation de l'environnement thermique

La construction simplifiée du logement dans le logiciel Ecotect est la première étape de la simulation. Pour cela, il fallait définir sa situation, son orientation puis les matériaux de construction prévus (tableau 1). Aussi il est à souligner que la maison est ancrée dans le sol à une profondeur de 2.5m.
Dans la simulation, la terre assiette de la maison est saisie comme une zone qui a les caractéristiques

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

thermiques du sol dans le site de l'étude, un sol gypseux en surface, comprend de gros galets d'oued à 4 - 5 mètres de profondeur.

Introduction des matériaux de construction

La construction du modèle avec Ecotect, s'effectue avec le principe de zones thermiques. Chaque zone représente un espace architectural bien déterminé avec ses cloisons et ouvertures chaque élément constitutif d'une zone possède des caractéristiques thermo physiques qui ont été bien définies. La simulation des températures cernera la journée de pic de chaleur d'été 22 juillet, les résultats sont montrés en forme de graphs.

Températures dans le séjour

Dans le séjour, les températures journalières varient entre 38c° et 41c°. La température minimale est enregistrée de 6:00 h à 10:00 h du matin, la maximale à 23:00 h.
On remarque une stabilité des températures d'une moyenne de 39.1c° malgré le changement de la température à l'extérieur. Un écart important entre T° intérieur et T° de l'extérieur atteint 9.2c° à 14:00h.

Températures dans la chambre

Les températures journalières dans la chambre 01 située au sous sol, oscillent entre 38c° et 40c°. La température minimale est enregistrée de 4:00 h à 6:00 h du matin. Elle s'amplifie jusqu'à une valeur maximale de 40c°, enregistrée à midi et reste presque la même toute l'après midi jusqu'à la nuit. On remarque une moyenne de température journalière de 39.1c° stable malgré le changement des températures à l'extérieur. Un écart important dans les heures de pic de chaleur de l'après midi il atteint 8.7c°

Interprétation et discussion des résultats

On remarque que les températures d'air ambiant dans la maison, demeurent relativement stables pendant toute la journée. La température minimale est enregistrée durant les premières heures du matin, avec une valeur entre 37 et 38 C°. La plus élevée est de 42 c°, et ce durant les premières heures nocturnes. Une moyenne de température journalière est enregistrée de 39.1 C°.

De plus, on note un intervalle important entre la température à l'intérieur de l'habitation et celle à l'extérieur qui atteint 9.5 C° pendant les heurs les plus chaudes de la journée. Ce qui prouve que la maison tienne sa température interne tout au long de la journée. Cependant, la température de confort n'est pas atteinte. En effet la marge de confort chez les habitants de la ville de Biskra se situe entre 18° et 30°c selon Khoukhi et Fezzoui (2012). Ou bien entre 26° à 28°c selon le CSTB (1958). Il s'avère donc, qu'une climatisation mécanique est nécessaire pour le confort des habitants.

La simulation de l'environnement lumineux naturel

L'environnement lumineux est le deuxième environnement physique ciblé par la simulation dans ce travail L'opération de simulation, sera exécutée par le logiciel Radiance. Les étapes de la simulation, cerne en premier l'importation du model 3D de l'habitation convoitées. Ensuite, on fixera les points de vision de l'observateur, ce qui permet de constituer une série de scènes. Ces derniers, seront transférés à Radiance, après un ensemble de réglages on lance le rendu. Les résultats de la simulation seront présentés sous forme d'images comportant les quantités de lumière.

Lumière naturelle dans le séjour

Dans le séjour situé au rez de chaussées, la séquence simulée visée depuis le canapé en temps de repos à 16h, et en position assise dirigée vers la table à manger. La source lumineuse englobe la porte et deux ouvertures ajourées donnant sur la loggia. Cette séquence est rendue en images contenants les luminances « human sensitivity ».

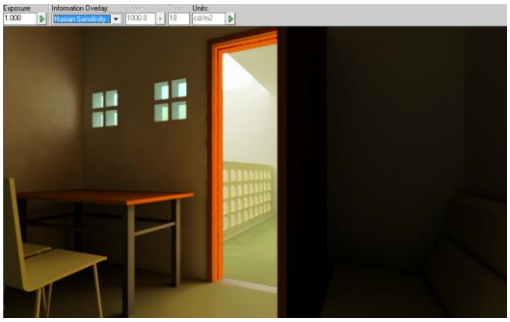


Figure 7Séquence 16:00h Avril séjour / luminances « human sensitivity »

Lumière naturelle dans La chambre

Se situe au sous-sol. Elle s'ouvre sur le patio à ciel ouvert, par la porte et une fenêtre ajourée.
La séquence simulée montre la perception de la mère au moment du réveil le matin. Elle est assise en face des ouvertures de la chambre, source de la lumière naturelle. L'image illustrée montre les luminances aux quelles l'homme est sensible, « human sensitivity ».

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

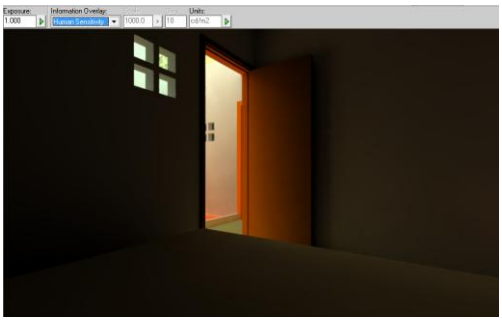


Figure 8 Séquence 07:00h Avril chambre / luminances « human sensitivity »

Interprétation et discussion des résultats

Dans le séjour et la chambre les luminances varient entre 50 et 950 cd/m². Le rapport entre ces deux valeurs est conforme aux valeurs recommandées qui sont de 1/20 à 1/40 (0.05 à 0.025) pour le macro-champ visuel.
L'ancrage de la maison dans le sol, est une sorte de protection des rayons solaires directs. En plus, le fait de surhausser les ouvertures avec des décrochements, a engendré la création d'un environnement lumineux discret à l'intérieur des espaces. La quantité lumineuse est rationnelle, voire peu suffisante parfois, l'éclairage doit être renforcé avec la lumière artificielle
Les séquences simulées de l'environnement lumineux à l'intérieur de l'habitation sous un ciel clair ensoleillé, révèlent une multitude d'atmosphères lumineuses qui différent d'un espace à l'autre dans la maison. Généralement elles sont caractérisées par un aspect lumineux doux et parfois sombre. Cette qualification est confirmée par la simulation des quantités de lumière naturelle. Ces dernières ont été parfois conformes aux recommandations prescrites et satisfait le déroulement de l'activité humaine, et parfois la quantité de lumière s'avère insuffisante pour l'accomplissement des taches, donc l'éclairage artificiel sera nécessaire

VI. CONCLUSION

Les résultats ont montré que l'environnement physique lumineux est caractérisé par un aspect lumineux doux et parfois sombre. Cette qualification est confirmée par la simulation des quantités de lumière naturelle. Ces dernières ont été parfois conformes aux recommandations prescrites et satisfait le déroulement de l'activité humaine, et parfois la quantité de lumière s'avère insuffisante pour l'accomplissement des taches, donc l'éclairage artificiel sera nécessaire. L'environnement physique thermique est, quant à lui, ne montrait pas des températures de confort sans conditionnement mécanique. Certes, on a trouvé un écart important entre la température int/ext qui atteint 9c°, c'est-à-dire en été l'intérieur de l'habitation est plus frais que l'extérieur. Facteur qui peut aider à minimiser la consommation énergétique pour le conditionnement.

Bibliographie

Archives,Apc Biskra. (1960). 540 Logements,Ophlm Constantine.

Belakehal, A. (2013). De La Notion D'ambiance. *Courrier Du Savoir* . [3]

Çelik, Z. (1997). *Urban Forms And Colonial Confrontations Algiers Under French Rule.* Berkeley · Los Angeles · Oxford: University Of California Press. [7]

Cstb. (1958, Juillet). Comment Construire Au Sahara? *Confort:Traditions,Matériaux,Technologies* (N°6) [3]

Iceb. (2014). Les Guides Bio-Tech L'éclairage Naturel. France. [6]
Khoukhi, M. F. (2012). Thermal Comfort Design Of Traditional Houses In Hot Dry Region Of Algeria. *International Journal Of Energy And Environmental Engineering* [10]

Meliouh, F. (1998). *Pratiques Domestiques Feminines Dans Le Logement Collectif:Espaces Et Confort.* Biskra: Centre Universitaire M.Khider,Institut D'architecture. [10]

Picard, A. (S.D.). Architecture Et Urbanisme En Algérie 1830-1962. *Figures De L'orientalisme En Architecture* , Pp. 128-129. [3]
Ragon, M. (1986). *Histoire Mondiale De L'architecture Et De L'urbanisme Modernes.* Casterman. [1]
Revue Des Mondes Musulmans Et De La Méditéranée. (1994). *Figures De L'orientalisme En Architecture.* (N°73-74). [3]
Texier, S. (2006). *Geaoge- Henri Pingusson Architecte,1894-1978- La Poétique Pour Doctrine.* Paris: Verdier [1]
Http://Www.Meda-Corpus.Net/Frn/Portails/Pdf/F1/Es_T01.Pdf[7]

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Comparaison entre les modules d'élasticité d'un béton autoplaçant exposé à hautes température par deux méthodes de fréquence de résonance

BENOUDJAFER imane [1], BENOUDJAFER ibtissam[2]

[1]*Laboratoire de Mécanique et structures(LMS), Université de Tahri Mohammed Béchar(UTMB)*

[1]imenousse@yahoo.fr

[1]*Faculté de Technologie, Université de Tahri Mohammed Béchar(UTMB)*

***Abstract*— Cet article a pour but principal de présenter une comparaison entre le module d'élasticité déduit par deux méthodes de fréquence de résonance. Le matériau testé est un béton autoplaçant soumis aux différents stades de températures élevées jusqu'à 550°C. Cette comparaison repose principalement sur l'utilisation de variétés procédées expérimentaux, conduisant à l'extraction des paramètres modaux à partir de l'analyse de fréquence de résonance. Les résultats expérimentaux obtenus montrent que les modules d'élasticités, déterminés par les deux méthodes expérimentales sont proches.**

***Keywords*— béton autoplaçant, fréquence de résonance, température, module d'elasticité,**

I. INTRODUCTION

Les travaux menés sur maniabilité des bétons ont permis la mise au point des autoplaçants (BAP) [1]. Cette nouvelle catégorie de bétons a été développée afin d'obtenir un matériau facile à mettre en œuvre, sans faire appel à la vibration, présentant de nombreux avantages sur les chantiers et en usines de préfabrication [2]. Ces bétons sont formulés différemment des bétons ordinaires : ils contiennent au moins un adjuvant chimique et un ajout minéral en proportions bien précises pour satisfaire les exigences de maniabilité et de stabilité [15].

En effet, les essais de laboratoires sont habituellement effectués à une température contrôlée, normalement constante, généralement choisie entre 20 et 25°C, de sorte que la plupart des informations de base sur les propriétés des bétons durcis sont fondées sur la connaissance de comportement du béton à ces températures [11]. Cependant, en pratique, les ouvrages en béton sont toujours susceptibles d'être soumis à une action thermique : pour des raisons fonctionnelles, climatiques, accidentelles et en fin particulières (démolition partielles ou locale par procédé thermique) [14].

Par conséquent, le béton demeure en pratique à différentes températures, ce qui implique une réflexion sur l'opportunité de l'état des ouvrages portés aux différents gradients thermiques et sur la notion de risque lié à leur maintien dans les conditions fonctionnels qu'il rencontra dans le temps [16]. La connaissance de l'état des ouvrages et leur évaluation est donc un enjeu majeur pour décider des interventions de réfection et pour en évaluer le rapport coût / utilité. C'est pourquoi, une gamme d'essais in situ, appelés essais en place, a été développée [1]. Ces essais sont traditionnellement appelés essais non destructifs, étant entendu que quelques désordres mineurs peuvent être apportés à la structure, sans toutefois modifier ni sa performance ni son apparence [11]. Une importante caractéristique des essais non destructifs est qu'ils peuvent être refaits au même endroit ou presque, ce qui permet de suivre les changements des propriétés du béton dans le temps [4]. L'utilisation d'essais non destructifs entraine une plus grande sécurité et une meilleure planification de la construction, de sorte que l'on peut progresser plus rapidement et plus économiquement [5].

C'est dans ce contexte de nécessités de compréhensions, d'une part, des données sur le comportement du béton autoplaçant exposé à la température pour la prévision de la sûreté des bâtiments [2] et des constructions en réponse à certains accidents ou à états particuliers durant son fonctionnement, et d'autre part, de l'évolution des propriétés intrinsèques du matériau béton et de celle de l'évolution générale des structures , qu'émergent et s'affirment les techniques non destructives de contrôles [3]. Ce qui rend possible l'étude des évolutions d'une ou plusieurs caractéristiques dans le temps [10]. Le contrôle non destructif offre également la possibilité d'évaluer la qualité d'un béton dans un ouvrage existant et suivre la santé du béton dans le temps [21]. Cette étude a donc pour but principal de caractériser un béton autoplaçant formulé à base des matériaux locaux ayant subi des températures élevées jusqu'à 550°C, à partir de deux méthodes d'analyse mécanique de fréquence de résonance.

II. PROCEDURE EXPERIMENTATLE

A. Matériaux formulation et mise en ouvre du béton

Dans le cadre de ce travail expérimental, le choix des matériaux (agrégats et filler calcaire) a été dicté par leurs

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

disponibilités de la région d'Ain Sefra. Ces matériaux proviennent de la carrière de Djebel Ben Hendjir qui se trouve sur l'axe routier Ain Sefra et Sfissifa. Nous avons utilisés deux classes granulaires de gravier (3/8,8/15) de natures concassés, un seul type de sable (0/3), les fillers calcaires qui représentes l'addition calcaire, aussi un ciment Portland résistant aux sulfates de classe 42,5 « CPJ-CEM II/A 42,5 », et un superplastifiant « SIKAVISCOCRETE 3040 », à haut performance du troisième génération exempté de chlorures prêt à l'emploi, Il est conçu à base de polycarboxylates modifiés qui se présent sous la forme d'un liquide brun.

TABLE I
caractéristiques physiques et chimiques des fillers calcaires

Carbonates	Insolubles	Sulfates	Chlorures
86.20	13,70	nul	0.10
Bleu de méthylène « VB »	Densité absolue	Densité apparente	Fines<63µm
0.41	2.58	1.62	82

La méthode de formulation utilisée pour concevoir le BAP testé dans cette étude expérimentale est une méthode empirique basée sur l'optimisation du squelette granulaire , permettant , d'une part, d'identifier les différents constituants, et d'autre part, d'alimenter une base de données efficace accédant à l'étude des mélanges de diverses combinaisons des constituants afin d'obtenir un béton qui sera satisfaisant à un cahier des charges donné.

TABLEAU 2
Composition de béton formulé

Composant	Composition (Kg/m3)
Gravier 8/15	582.50
Gravier 3/8	311.10
Sable	892.42
Filler calcaire	128
Ciment	350
Viscocrete 3040	4.10
L'eau efficace	157.5
Masse volumique du béton frais	2425.62

La caractérisation à l'état frais des bétons a été limitée aux essais recommandés par l'AFGC , à savoir l'étalement au cône, l'écoulement à la boîte en « L » et la stabilité au tamis, Figure 1.

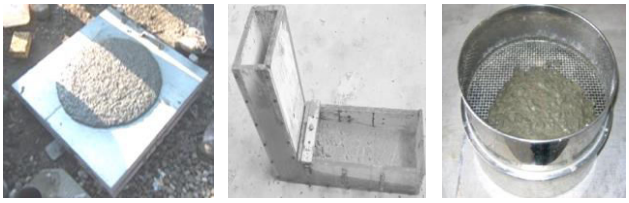


Figure 1 : Essais pour la caractérisation du béton testé à l'état frais

- ✓ L'essai d'étalement (BAP) :

Cet essai permet de démouler un cône normalisé dite « DIN » (ou cône d'Abrams), de béton frais testé afin de mesurer le diamètre de la galette formulée. Il faut rappeler, qu'un béton est considéré comme autoplaçant, quand la galette mesurée forme un diamètre compris entre 60 et 75 centimètres. Le temps d'écoulement intermédiaires a été mesuré permettant d'atteindre un diamètre de 50 cm, noté t_{50} [AFGC, 00].

- ✓ L'essai de la boite en « L » :

L'essai de la boite en « L » a été effectué pour tester la mobilité du béton confectionné et de vérifier que sa mise en place. pour ce faire, plus de 13 litres de béton ont été mis dans la partie verticale puis laisser pour reposer pendant 1 minute. La trappe a été ensuite levée et le béton a été écoulé dans la partie horizontale de la boite à travers le ferraillage. A la fin de l'écoulement, les différents hauteurs H1, H2 ont été mesurés pour exprimer en terme de taux de remplissage donné par la fraction de (H2/H1).

- ✓ L'essai de stabilité au tamis :

cet essai consiste à mesurer la proportion π d'éléments fins de béton (laitance) passant au travers d'un tamis d'ouverture 5 mm afin de qualifier le béton vis-à-vis la ségrégation et de déduire si le béton testé possède une stabilité satisfaisante ou non. Les critères d'acceptabilité d'une formulation de BAP sont divisés en trois classes[AFGC, 00]:

- ✓ 0 % <π (laitance) < 15 % : stabilité satisfaisante ;
- ✓ 15 % <π (laitance) < 30 % : stabilité critique ;
- ✓ π (laitance) > 30 % : stabilité très mauvaise (ségrégation systématique, béton inutilisable).

Les résultats des essais de caractérisation réalisés sur le béton confectionné sont récapitulées dans le Tableau 3, avec toutes les mesures expérimentales nécessaires pour réaliser les différents essais de caractérisation. À noter que les valeurs reportées dans le tableau constituent une moyenne.

Tableau 3

Caractérisation du béton étudié.

Etalement	Dmoy (cm)	62
	T50(s)	2,10
L-box	H2/H1	0,83
	T40(s)	3,60
Stabilité au tamis	π (%)	6,32

Il faut mentionner, qu'avant chaque essai, les extrémités des éprouvettes cylindriques ont été rectifiées par une rectifieuse des éprouvettes, selon la norme [EN 12390-2].

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

III. TECHNIQUES EXPERIMENTALES

A. *Analyse par ondes ultrasonores*

Les méthodes ultrasoniques sont des techniques efficaces permettant de contrôle non destructif des caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés [6]. En effet, ces outils sont largement adaptés à une très vaste gamme de matériaux. Pour les bétons, qui sont caractérisés par des milieux hétérogènes à l'échelle microscopique, l'analyse ultrasonore permet d'autoriser l'évaluation de ses caractéristiques mécaniques avec une échelle de la longueur d'onde.

Ce type d'analyse repose sur un principe physique très simple qui réside sur le déplacement des ondes traversé dans un milieu donné [12]. Ainsi, il est intéressant de noter que les modifications des paramètres mesurables associés au passage d'une onde ultrasonore sont [13] : le temps de propagation, le contenu fréquentiel, l'atténuation et la diffusion de l'onde [5]. Ces différents paramètres peuvent être directement corrélés aux changements des propriétés physiques et mécaniques comme la raideur, le module élastique, etc... [8,23]. Le principe de base du contrôle ultrasonore consiste à envoyer une onde élastique par l'intermédiaire d'un transducteur dans le matériau à contrôler [7,28].

Dans le cadre de notre étude expérimentale, nous avons utilisé un banc d'essais avec un contact direct comme montre la figure 2. Ce dispositif expérimental se décompose d'un générateur d'impulsions, d'un émetteur et d'un récepteur piézoélectrique permettant de transformer un signal électrique en onde ultrasonore.

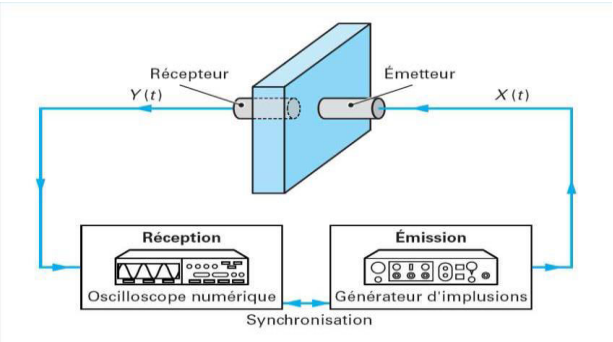


Figure 2 : Schéma descriptif de transmission en contact direct [13]

Dans ce travail expérimental, nous avons utilisé un excitateur qui se caractérise par une fréquence fondamentale inférieure à 54 kHz. Ce type des ondes émises permet de se propager dans un milieu de couplage avec lequel le matériau est en contact [24]. En revanche, le récepteur piézoélectrique permet de recevoir le signal ultrasonore transmis au travers du matériau testé [4,27]. Le signal formé a été mesuré à l'aide d'une chaîne d'acquisition du signal de sortie reliant par un ordinateur.

Le banc à contact utilisé permet d'engendrer des ondes longitudinales et/ou transversales selon le choix des capteurs utilisés. À noter que nous avons utilisé un agent de couplage présenté par un gel de transmission ultrasonique afin d'analyser l'échantillon testé.

B. *Analyse par Pulse*

Ce type d'analyse s'appuie sur l'extraction des fréquences propres obtenues expérimentalement par l'analyse vibratoire. La méthode de mesure consiste à mettre un échantillon de même type et les mesures dynamiques sont réalisées après excitation de l'échantillon par marteau d'impact et la réponse est captée par un capteur type accéléromètre. Le modèle analytique de Bernoulli-Euler est exploité pour déduire la valeur du module d'élasticité à partir de la valeur expérimentale de la fréquence propre. Ces valeurs des modules d'élasticité sont utilisées pour calculer numériquement les fréquences propres qui seront confrontées aux valeurs expérimentales.

Le principe du banc expérimental utilisé pour réaliser des essais dynamiques est simple. Il comprend une chaîne d'acquisitions permettant d'enregistrer les signaux d'excitations et de réponses de l'échantillon étudié. Ces signaux seront par la suite traités et analysés par une carte d'acquisition et un logiciel de traitement. Comme le présentent les Figures V.2 et V.3, ce dispositif est muni d'un excitateur (marteau de choc) et de capteurs de mesure.

IV. RESULTATS EXPERIMENTAUX ET ANALYSES

Les modules d'élasticité déduits par les deux méthodes (ultrasonore(A) et Pulse(B)) de fréquence de résonance, sont consignés dans le Tableau 1, pour les variétés des poutres en béton testées portées en températures de (25°C), (105°C), (175°C), (250°C), (350°C), (450°C), et (550°C). Les valeurs des modules d'élasticité et des modules d'élasticité relatifs, définis comme les rapports des modules d'élasticités sur le module d'élasticité déterminé à T=25°C, sont regroupés sur les Figure 3 et 4 respectivement .

Tableau 4

Résultats expérimentaux du module d'élasticité obtenus par les deux méthodes utilisés

Température (°C)	Module d'élasticité (GPa)		Module d'élasticité relatif	
	Méthode "A"	Méthode "B"	Méthode "A"	Méthode "B"
25	34.75	32.28	01.00	01.00
105	28.52	27.14	00.82	00.84
175	18.81	15.36	00.54	00.47
250	12.51	09.02	00.36	00.27
350	03.89	02.50	00.11	00.07
450	01.75	01.45	00.05	00.04
550	00.42	00.38	00.01	00.01

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

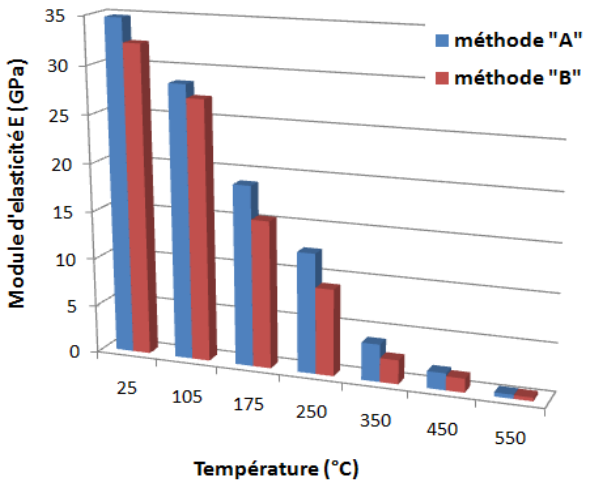


Figure 3 : Comparaison (deux méthodes)de l'évolution de module élastique avec la température pour le béton testé

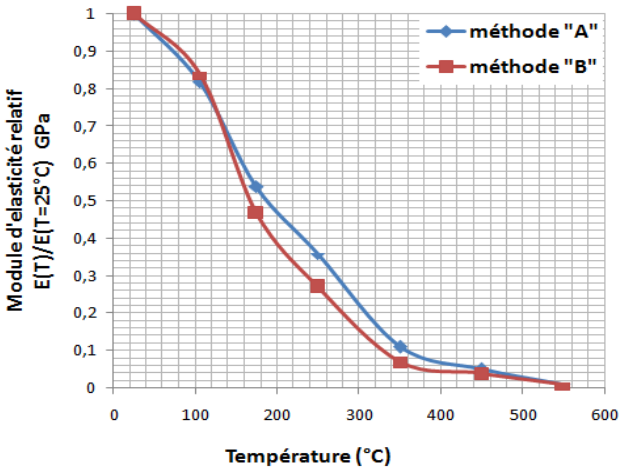


Figure 4 : Comparaison (deux méthodes) de l'évolution de module élastique relatif avec la température pour le béton testé

A partir de ces Figures, nous pouvons observer que l'évolution du module d'élasticité varie avec la marge de température, par laquelle le BAP est exposé. Cette variation comprend principalement deux phases :

Dans la phase (I), entre 25°C et 105°C, nous notons une diminution des modules d'élasticité d'environs 1-18%. Cette diminution peut avoir comme origine le départ de l'eau du matériau [22,25]. Puis, dans la phase (II) entre 105°C et 550°C, nous observons une diminution progressive du module d'élasticité au cours de l'échauffement du matériau, ce qui traduit par une décroissance de la pente des courbes de l'écart avec la température.

A 175°C, une réduction du module d'environ 50% est enregistrée. Cette diminution peut être expliquée par l'apparition de micro fissures sur les poutres testées et bien entendu par la déshydratation entrainant une élévation de la porosité qui contribue à l'endommagement du matériau [19,26].

Dans la suite le module diminue atteignant d'environ 60% à 99°C. Après une exposition à une température de 350°C, les enchantions de béton présentent des rigidités très faibles. Cet affaiblissement peut s'expliquer par l'augmentation du volume poreux dans le béton et aussi à la fissuration de la zone interface pâte-granulats [11, 18, 20].

L'analyse comparative des résultats expérimentaux de module d'élasticité nous a permis de faire les observations suivantes :

Quelque soit la température de mesure, nous pouvons observer que le module d'élasticité obtenu par l'analyse vibratoire, est nettement inférieur que celui déterminé par la fréquence de résonance. L'origine responsable de cette augmentation n'est pas assez compréhensible, mais probablement elle est liée à la gamme de fréquence différente pour chacune de méthode utilisée, les modalités d'essais distincts et la réponse de l'échantillon testé avec la méthode utilisée.

L'erreur enregistrée entre les deux modules d'élasticité, durant la variation de la température (de 25°C à 550°C), est acceptable. Cependant, pour la température à 250°C, l'erreur est de l'ordre de 15% ce qui n'est pas admissible. Ceci est vraisemblablement dû à l'existence d'erreur de mesure expérimentale, de modèle analytique utilisé, s'appuyant sur la simplification des hypothèses qui ne correspondent pas à la réalité du matériau béton.

Ces résultats expérimentaux montrent que les modules d'élasticités, déterminés par les deux méthodes expérimentales sont proches.

V. CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que les modules d'élasticités, déterminés par les deux méthodes expérimentales sont proches.

A partir de cette étude expérimentale, nous pouvons constater clairement que les résultats montrent une très grande concordance entre les valeurs de modules d'élasticité déduites par les deux méthodes. Ils sont presque toujours dans l'intervalle de confiance fournis pour les essais expérimentaux. Cependant, nous observons quelques cas, caractérisant par une erreur importante (14.65% et 15.02%). Ceci peut avoir diverses origines :

Causes d'erreur dues aux conditions expérimentales : même si nous avons tenté de travailler de façon rigoureuse, lorsque

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

nous avons fait les essais expérimentaux, certaines causes d'erreur ont rendu les données obtenues par notre expérience moins précises. Les données fréquentielles ont une origine expérimentale, ce qui implique l'existence d'erreur de mesure. En plus, durant la réalisation des essais par analyse vibratoire à l'aide de l'instrumentation PULSE, nous avons procédé qu'un seul essai pour chaque mesure.

Causes d'erreur dues aux effets de structure : les effets de structure étudiée liés au gradient thermique sont limités, par le choix de la vitesse de variation de température, de la taille et forme de la poutre testés. Cependant, ces effets ne sont pas complètement éliminés en sachant que les observations sont réalisées en régime transitoire. Les propriétés sous température (les effets différent après exposition à la température, différente de l'ambiante, selon les traitements thermiques).

Causes d'erreur dues au modèle analytique : le modèle analytique est construit à partir des hypothèses simplificatrices et correspondent à une idéalisation à la réalité physique de matériau béton.

Causes d'erreur dues aux niveaux de l'environnement réel : il y a de nombreuses sources d'incertitude dans la prédiction des environnements des systèmes vibratoires, la principale étant la variation caractéristique des niveaux vibratoires d'un point à un autre de la structure étudiée.

Références bibliographiques

[1] Acker, P., J. Torrenti, et F. Ulm , «Comportement du béton au jeune âge», Traité Mécanique et ingénierie des matériaux, Hermès, 2004.
[2] ACKER, P., TORRENTI, J., ULM, F « Comportement du béton au jeune âge», LAVOISIER, ISBN 2-7462-0980-2, 2005.
[3] ALARCON-RUIZ, L., GALLE, C., MASSIEU, E., « Analyse de l'évolution de la porosité des pâtes de ciment à haute température », Matériaux 2002, Tours
[4] ALVANDI A., « Contribution à l'utilisation pratique de l'évaluation dynamique pour la detection d'endommagement dans les ponts ». Thèse de doctorat, Ecole nationale des ponts et chaussées Paris, 2003.
[5] ANDRE P., «Vibrations aléatoires et analyses spectrale», Presse polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1990, 343 p.

[6] BERTHAUD Y. « Mesure de l'endommagement du béton par une méthode ultrasonore ». Thèse de Génie Civil :Université de Paris 6, 1988. 175p.

[7] COMBES, B., « Vibrations des structures pour l'ingénieur et le technicien : Théorie et applications», Ellipses Edition Marketing S.A, ISBN 978-2-7298-2079-1, 2009, 251 P.

[8] GARNIER V., CHAIX J.F., CORNELOUP G., « Caractérisation non destructive du béton par analyse d'ondes ultrasonores », Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées, 239:105–118, 2002.
[9] GMUR, T., « Dynamique des structures : Analyse modale numérique », Presses polytechniques et universitaires romandes, ISBN 2-88074-333-8 , 1997.

[10] NECHAD H., « Evaluation de l'endommagement et de la rupture de matériaux hétérogènes par ultrasons et émission acoustique : estimation de la durée de vie restante », Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2004.

[11] NEVILLE A.M, «Propriétés des bétons », Centre de Recherche Interuniversitaire sur le Béton, Eyrolles, 2000, 806 p.

[12] PIRANDA J., « Cours des Dynamiques des structure », ENSMM, Besançon, 1993.
[13] PIRANDA J., « Analyse modale expérimentale », Mesures et Contrôle, Techniques de l'ingénieur, 2001

[14] SCHNEIDER U. (1988)., « Concrete at high temperatures : A general review. Fire safety Journal », 1988, vol 13, p 55-68.
[15] REYNOUARD J-M., PIJAUDIER-CABOT G., «Comportement mécanique du béton », Mécanique et Ingénierie des Matériaux, Sciences germes, 2005, 383 p.

[16] Rheometric Scientific, "ARES instrument manua"l, 1997.
[17] RILEM , «Recommandations RILEM CPC8, Modulus of elasticity of concrete in compression», Materials and Structures, 1972, 6(30), 507-512.
[18] RILEM TC 50 FMC RECOMMANDATION., « Determination of the fracture energy of mortar and concrete by means of three-point bend tests on notched beams ». Materials and Structures, 1985, Vol. 18, n° 106 p 285-290
[19] RILEM TC 129 MHT RECOMMENDATION ., « Test methods for mechanical properties of concrete at high temperatures. Part 3 : Compressive strength for service and accident conditions ». Materials and Structures, 1995, Vol. 28, p 410-414
[20] RILEM TC 129 MHT RECOMMENDATION., « Test methods for mechanical properties of concrete at high temperatures. Part 1: Introduction. Saclay (France): CEA », March 1997, 22p.,Draft n°3,Report to comittee TC 129 MH.
[21] RILEM TC 129 MHT RECOMMENDATION., « Test methods for mechanical properties of concrete at high temperatures. Part 6: Thermal strain for service and accident conditions ». London: Imperial College, May 1997, 14p.,.Draft n°11, Report to comittee TC 129 MHT.
[22] RILEM TC 129 MHT RECOMMENDATION ., « Test methods for mechanical properties of concrete at high temperatures. Part 7: Transient creep for service and accident conditions ». London: Imperial College, March 1997, 13p,.Draft n°9, Report to comittee TC 129 MHT.
[23] ROCARD Y., «Dynamique générale des vibrations », Masson, 1971, 4eme édition, 460 pages.
[24] ROSEA, M., « Vibrations des systèmes mécaniques : méthodes analytiques et applications», MASSON éditeur, ISBN 2-225-80205-X, 1984, 488 P.

[25] SCHNEIDER U., «Behavior of concrete at high temperatures », Paris RILEM, 1982, Report to committee n°44-PHT, 72 P.
[SCH 88] SCHNEIDER U., «Concrete at high temperatures », Fire safety Journal, 1988, Vol 13, P 55-68.

[26] SULLIVAN, P.J.E., SHARSHAR, R. «The performance of concrete at elevated temperatures: as measured by the reduction in compressive strength » Fire Technology, August 1992, pp 240-250.
[27] THOMAS G., «Dynamique des structures : analyse modale numérique», Presse polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1997, 570 pages.

[28] THYAGARAJAN S. K., SCHULZ M.J., PAI P.F., «Detecting structural damage using frequency response functions», Journal of Sound and Vibration, 210:162–170, 1997.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment résidentiel (cas de la ville de Bechar)

Ibtissame BENOUDJAFER[#1], Imane BENOUDJAFER[*2],

[#1]*Department of architecture, University of BECHAR*
BECHAR, ALGERIA
tissamo@yahoo.fr

[#1]*Department of architecture, University of BECHAR*
BECHAR, ALGERIA
imenousse@yahoo.fr

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

résumé- **La maîtrise de l'énergie constitue un véritable enjeu pour les problèmes environnementaux, économiques et sociaux et le secteur résidentiel offre des possibilités importantes en vue de réduire la consommation énergétique.**
Nous intéressons plus particulièrement au contexte saharien où la consommation d'énergie est presque énergivore où aucune réglementation thermique ou énergétique n'est appliquée pour ce secteur. Pour ce faire, nous proposerons de faire des enquêtes sur le terrain et des questionnaires réalisés au cours de cette étude, nous permettent de mettre en évidence les défauts de la construction à Bechar et les besoins des occupants. Ces enquêtes nous amènent à comprendre la situation réelle et les problèmes sur terrain. En second lieu, après un diagnostic des cas existants, nous proposons une série de simulation des systèmes passifs pour un type d'habitation, en s'appuyant pour cette dernière sur les spécificités de fonctionnement et d'usage du bâtiment et de ses équipements de chauffage, d'eau chaude sanitaire et électroménagers. Elle est formée d'une phase d'analyse sur site et de mesures et d'une phase de calcul des consommations et du potentiel d'économie d'énergie. Nous montrons dans cette étude l'intérêt et les difficultés de la prise en compte la spécificité de la région à travers la littérature et des simulations numériques.
Mots clés : **secteur résidentiel, la maitrise d'énergie, les performances énergétiques, La consommation d'énergie.**

I. INTRODUCTION

Maintenir à un niveau raisonnable reste un défi majeur dans le domaine de construction, un des secteurs clés pour réformer le modèle énergétique.

Le gisement d'économie d'énergie dans ce secteur est mieux l'exploiter, permet de diminuer la facture des ménagers, de gagner le confort et réduire les émissions en gaz à effet de serre.

Le secteur résidentiel est particulièrement sensible à la problématique de la réduction des consommations énergétiques.

Il est apparu essentiel d'améliorer la performance énergétique dont le secteur résidentiel.

La consommation dans le secteur de la construction est comprise entre 40% et 55% de la demande totale dans la ville du sud en Algérie [16].

Dans cette étude, on s'emploiera à améliorer la performance énergétique pour ce secteur, par des scénarios d'amélioration qui seront élaborés sur la base de programme de la performance énergétique cohérent et adaptés aux régions à climat chaud et sec, en générale et de la ville de Béchar, en particulier.

Il convient de souligner que l'Algérie a pris conscience de valoriser les ressources pour améliorer le cadre énergétique des constructions.

Citons la mise en application de la loi 99.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment, et un décret exécutif n°2000-90 qui a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants.

Afin d'amorcer une réglementation, on souligne ici trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment à savoir: DTR C 3-2 et DTR C 3-4 qui visent la limitation de la consommation énergétique relative au chauffage et la climatisation des locaux et DTR C-3.31 qui fournit les principes généraux qu'il y a lieu d'adopter lors de la conception des installations de ventilation naturelle.

Le premier texte est largement inspiré des règles françaises dites règles Th.

Le second est tout simplement une application de la méthode de Carrier pour l'Algérie (Larbi Youcef, 2001).

Cependant, l'absence d'appliquer la réglementation thermique aux logements construits, issue une situation d'inconfort des habitations et une augmentation des prix des factures d'électricité et des matériaux de construction.

Dans ce contexte, et plus largement le domaine de construction n'est soumis à aucune obligation en termes de confort thermique et de consommation énergétique.

A l'heure actuelle, Le secteur des bâtiments résidentiels en Algérie, a cherché tout développement d'une utilisation rationnelle de l'énergie vis-à-vis des ressources énergétiques (combustibles, électricité, etc.).

Ce secteur constitue un gisement potentiel important d'économie d'énergie, notamment par la rationalisation de l'utilisation de l'énergie finale, et plus particulièrement de l'électricité.

C'est dans ce contexte que s'insère notre étude.

Nous nous appuyons dans ce travail de recherche d'améliorer la performance énergétique du secteur résidentiel

Pour ce type de bâtiment, les simulations thermiques permettent d'une part d'identifier les voies d'amélioration et d'autre part de justifier l'opération pour la recherche de financement.

Dans le milieu de la recherche, cette démarche de réhabilitation passe actuellement par des techniques d'optimisation afin d'aider le concepteur dans la recherche et le choix de solutions [1].

Afin de réduire le nombre de simulations à réaliser, nous avons choisi d'étudier les systèmes passifs pour l'enveloppe.

Les résultats obtenus seront ensuite rassemblés dans le but d'évaluer les différentes combinaisons d'actions envisageables. La réalisation de ce dernier point nécessite de développer une méthode permettant de calculer la consommation d'électricité des appareils de climatisation directement à partir des besoins de refroidissement des bâtiments.

Dans la pratique, des simulations annuelles au pas de temps horaire sont réalisées afin d'obtenir une évaluation globale du bâtiment. L'indicateur classique d'estimation des performances énergétiques est le besoin d'énergie en kWh/m².an. [1]

Parmi ces systèmes étudiés, l'isolation peut se placer de diverses manières dans un mur : à l'extérieur, en sandwich ou à l'intérieur.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Pour ces trois cas, la valeur des transmittances des parois restent les mêmes et par conséquent les déperditions à travers l'enveloppe également.

Cependant, la position de l'isolant modifie l'inertie de la paroi : seule la masse située à l'intérieur de l'isolation contribue à une inertie utile pour le volume intérieur. [2]

Avant l'apparition ces matériaux isolants, la construction traditionnelle avait privilégié deux types de systèmes constructifs : la construction massive en pierre ou en brique (à forte inertie) et la construction légère en bois (à faible inertie).

Ces pourquoi nous avons choisie l'inertie comme un deuxième système.

Les proprieties thermiques des matériaux de construction ont une influence considérable sur le comportement énergétique du bâtiment que ce soit en termes d'inertie thermique ou de propriété isolante.

En effet, les propriétés des matériaux et la façon dont ils sont agencés définissent les caractéristiques qu'aura l'enveloppe du bâtiment.

Malgré l'importante avancée que connaît aujourd'hui le secteur du bâtiment, il n'existe pas une réelle méthodologie qui permette de mettre en œuvre une sélection convenable de ces matériaux. [2]

Une étude a été effectuée pour ces régions dans le but de maintenir un confort par des conceptions architecturales passives des bâtiments résidentiels. Citons l'étude d'une maison traditionnelle avec ouverture dans les climats chauds et secs, réalisée par FIZIOUI N. et BENYAMINE M, en 2016. Les résultats sont présentés sous forme d'heures chaudes et froides en un an, maximum et minimum. Les températures de confort intérieures et la fréquence de ventilation efficace par personne comme indicateur de performance de qualité de l'air dans chaque pièce. [16]

Plusieurs études ont été réalisées dans le but d'augmenter la performance énergétique des bâtiments résidentiels. Citons l'étude de rénovation d'une maison à Marseille, dans le sud de la France, réalisée par C. FLORY CELINI en 2008.

Cette étude montre une réduction des besoins d'un facteur. Les systèmes passifs adoptés sont : l'isolation transparente, des fenêtres performantes (double vitrage basse émissivité), un puits canadien, des matériaux à changement de phase (MCP), des stores opaques et l'isolation de la toiture.[3]

Une étude a été réalisée par BENOUDJAFER I., présente une étude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, montre que la majorité des constructions des habitations fait appel à une nouvelle conception architecturale, prenant en compte des matériaux nouveaux inadaptés au climat aride des zones sahariennes [14]. Il s'agit principalement du matériau béton (structure poteaux-poutres et blocs de parpaings) connu pour ses multiples avantages (plasticité, facilité de mise en œuvre, résistance mécanique importante acquise à court terme, etc.). Son inconvénient est lié à sa faible résistance thermique, qui ne fait pas de ce matériau, un matériau de choix sur le plan du confort thermique et qui par conséquent, augmente la consommation électrique pour permettre à l'usager d'obtenir des ambiances de qualité.

Cette situation provoquée par la pression du besoin d'habiter et la crise du logement, a révélé de nouvelles contraintes sur le plan du confort (isolation absente ou insuffisante, nécessité d'une climatisation onéreuse et inesthétique, etc.).[14]

II. METHODOLOGIE

Le choix d'un outil de simulation thermique dynamique permet d' évaluer les besoins énergétiques et le niveau de confort thermique des bâtiments de manière plus détaillée que les méthodes basées sur des bilans mensuels.

Le logiciel TRNSYS(Laboratoire ENERGARID, Université TAHRI Mohamed, Bechar)est un outil de simulation thermique dynamique de bâtimentdéveloppé plusieurs années. Le logiciel calcule le comportement dedifférentes zones thermiques d'un bâtiment en régime dynamique et il permet également desimuler le comportement de l'enveloppe. Il calcule également les consommationspour le chauffage et laclimatisation. Avec unenouvelle bibliothèque TESS (matériaux, éléments, systèmes, équipements, etc.) permet d'avoir la possibilité de modéliser tous les éléments souhaités dans l'enveloppe et son système. Celle-ci comporte souvent :

Une description géométrique du bâtiment par saisie de plans, où l'on spécifie les dimensions et orientations des pièces, parois, vitrages, ouvrants.

les données de localisation correspondantes (latitude, longitude et altitude).

Une description de l'enveloppe du bâtiment, avec indication de la composition des parois, des vitrages, des portes... et des propriétés physiques (thermiques et optiques) des matériaux qui les constituent.

Une description des équipements (chauffage, ventilation, eau chaude sanitaire, éclairage...) à travers les paramètres qui décrivent leur fonctionnement.

Une description des sollicitations externes (données météorologiques) et internes (scénarios/données de ventilation, occupation...). [7]

L'objectif est donc l'amélioration du comportement thermique des bâtiments par proposition des solutions passives. Dans notre contexte d'étude, ces solutions d'amélioration seront évaluées en termes de potentiel d'économie d'énergie et aussi de performance énergétique. Ceci permettraitd'établir des recommandations sur les meilleures solutions à privilégier en vue de diminuer les impacts liés au confort d'été.

III. SIMULATIONSET RESULTATS

A. *Description de l'enveloppe de référence*

Une description complète de l'enveloppe nécessite une connaissance des éléments entrant dans la construction pour pouvoir établir un modèle du bâtiment. Ces informations sont résumées en trois catégories et illustrées dans le tableau 1 :

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

types et composition des parois opaques (épaisseurs, matériaux) avec leurs caractéristiques thermo physiques ;

caractéristiques des menuiseries (vitrages et cadres) ;

mode constructif, pour essayer de déterminer les ponts thermiques linéaires et l'infiltration d'air.

B. *Descriptions de différents systèmes étudiés*

Pour maintenir un confort pournotre habitation, il estindispensable de rechercher des solutions techniques adoptables et cohérentes avec notreville en matière de conditions d'application (techniques disponibles et savoir-faire locaux).L'objectif est de réduirela consommation énergétique et d'améliorer le confort dans les logements résidentiels. Parmi ces systèmes passifs, nous pouvons citer les suivantes :

Inertie :l'emploid'une double paroi, avec une lame d'air permetde déphaser et d'amortir lesapports de chaleur externe ; cette massevolumique peut jouer un rôle d'accumulateur au cœur du bâtiment.

Fenêtres performantes : en utilisant un double vitrage. C'est un élément essentiel, avec un rôle important aux niveaux énergétique et visuel.

Isolation des parois opaques et toiture : en utilisant des plaques en polystyrène expansive à l'extérieure. Ce système d'amélioration apporte des avantages pour l'hiver comme pourl'été. L'isolation extérieure en hiver peutdiminuer l'échange thermique et les déperditions de chaleur avec l'extérieur. Enrevanche, en été, l'isolation joue un rôle dans la diminution des apports de chaleurde l'extérieur par les parois. «L'isolation est sans doute le facteur le plus important puisqu'elle conditionne votre consommation de chauffage en hiver, voir la climatisation en été » [12]

TABLEAU 3.DESCRIPTION DES SYSTÈMES PASSIFS ÉTUDIÉS MATÉRIAUX, ÉPAISSEUR ET COEFFICIENT U-VALUE

Composition	Description	Epaisseur en (m)	U-Value(W/m2K)
Isolation des parois opaques extérieures	Enduit extérieur	0.02	0.29
	Enduit de finition	0.02	
	Enduit en polyuréthane	0.02	
	Plaque en polystyrène expansé	0.08	
	Brique rouge	0.20	
	Enduit en plâtre	0.02	
Isolation de la toiture	carrelage	0.02	0.77
	mortier	0.02	
	sable et gravier	0.05	
	béton lourd	0.04	
	Polystyrène expansé	0.04	
	Enduit de finition	0.02	
	Bloc en hourdis	0.16	
	mortier	0.01	
	Peinture blanche	0.03	
Isolation du plancher bas	carrelage	0.02	0.27
	mortier	0.02	
	sable et gravier	0.05	
	béton lourd	0.25	
	mortier	0.01	
Inertie thermique	Enduit Extérieur	0.015	0.69
	Brique rouge creuse	0.20	
	Lame d'air	0.02	
	Brique rouge creuse	0.10	
	Enduit en plâtre	0.02	

Fenêtre performante	U-value	g-Value	T.sol	Rf- sol	Facteur solaire
	2.95	0.77	0.72	0.12	0.45

C. *Résultats des simulations des différents systèmes passifs*

III.3.1. Indice d'été :« IPS »

La simulation est effectuée, pendant la semaine la plus froide (du 7 au 10janvier2016) et la semaine la plus chaude (du 18 juillet au 24 Juillet 2016).

Copyright - 2019

ISSN 1737-9334

Chambre chaude	T ° Réf	T ° isolation parois opaque	T° toiture	T ° fenêtres performantes	T ° inertie thermique
T°max	37.54	31.50	32.78	32.88	30.23
Δ T°Max		6.04	4.76	4.66	7.31
T°Moyenne	32.50	31.85	30.63	31.74	31.57
Δ T°moyenne	-	0.65	1.87	0.76	0.93
Tconfort	26	26	26	26	26
IPS	-	0.10	0.28	0.11	0.14

Pour le système d'isolation des parois, la température intérieure est constante toute la journée de 10°C.L'isolation extérieure augmente la température intérieure dans la journée de 0,3 °C, et dans la nuit de 1,3 °C en moyenne, ce qui traduit la conservation de la chaleur à l'intérieur.

Pour l'été, nous pouvons constater une diminution de température de 0,6 °C en moyenne pour la protection solaire et 0,8 °C pour la ventilation nocturne dans la journée et de 1,6 °C pendant la nuit. Le système d'inertie permet aussi une diminution de température maximales plus faibles (0,8 C), et des températures minimales plus élevées (0,7 °C). De la même manière, les fenêtres performantes permettent de réaliser une diminution de la température maximale de l'ordre de 0,3 °C, et une augmentation des températures minimales de 0,1 °C.

Le tableau 4 présente les valeurs de confort d'été pour chaque système étudié.

TABLEAU 4 : VALEURS DE L'IPS CORRESPONDANT À CHAQUE SYSTÈME D'AMÉLIORATION (ZONE NORD, SEMAINE 33)

T°max : température intérieure maximale (C°)

Δ T° max : écart entre température maximale référence et de système

T moyenne : moyenne de la température intérieure d'une semaine

ΔT° moyenne : écart entre moyenne de température intérieure référence et de système

IPS : indice de confort d'été IPS=(T°ref-T° système)/ (T°réf-26)

III.3.2. Indices de performances des systèmes « Iéco » et « IPR »

Les différentes consommations en énergie pour produire le chaud et le froid dans notre site d'étude montrent la nécessité de chercher la rentabilité et la pertinence de chacun des systèmes. Un nouveau critère va donc nous aider à juger chaque système en termes de rentabilité en valeur de consommation (chauffage et climatisation).

La consommation en chauffage et en climatisation est calculée par TRNSYS en kWh. Nous pouvons donc exprimer l'indice Iéco dans la relation suivant :

L'observation de tableau 6 montre que la meilleure performance est celle du système de ventilation naturelle, puis de l'isolation parois opaques, toiture isolée, l'inertie thermique, enfin, la protection horizontale.

Nous constatons une performance négative pour le système des apports internes, avec un effet marginal des fenêtres performantes.

L'observation de tableau 6 montre que les systèmes isolation, inertie, et ventilation nocturne sont économes en termes de consommation énergétique. Par contre, le système des fenêtres performantes sont moins économe. Ce résultat permet de valider les choix en systèmes d'amélioration vis-à-vis de l'économie en consommations énergétiques.

TABLEAU 6 : VALEURS DE L'INDICE IÉCO SELON CHAQUE SYSTÈME D'AMÉLIORATION

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Cep-chauffage : consommation d'énergie en chauffage (KWh/m2an)

Cep-froide : consommation d'énergie en climatisation (KWh/m2an)

Iéco : Iéco = (Cepchauffage-Réf – Cepchauffage-Sys)+ (Cep froide-Réf – Cep froide-Sys)

IPR % : Indice de réduction

L'analyse de ces valeurs est synthétisée de la manière suivante :

- le système de fenêtre performante : ce système se traduit une hausse en besoin de Chauffage en hiver.
- L'inertie thermique : C'est un facteur qui agit principalement par le déphasage et il apporte des bénéfices en été comme en hiver. Plus l'inertie est élevée, plus les améliorations sont donc effectives.
- Le système d'isolation des parois verticale et horizontale : permet une performance importante en confort d'été, produit par l'isolation, empêchant la pénétration de la chaleur à l'intérieur du bâtiment.

Cette amélioration effectuée par application des systèmes passifs disponibles et de mettre en place des valeurs limites de ces indices que nous pourrions atteindre dans notre contexte spécifique. Nous pouvons d'apprécier les meilleures solutions de point de vue énergétique, économique et de confort.

	B Référence	B isolation parois opaque	B toiture	B fenêtres performantes	B inertie thermique
Cep-chauffage	277.71	101.44	185.01	223.00	112,95
Cep-froide	51.73	47.25	37.25	40.33	48,67
TOTAL	329.44	144.69	222.26	263.33	161,62
Iéco	-	184.75	107.18	66.11	167.82
Réduction %		56,08	32,53	20,067	50,94
IPR %	-	+54,86	+32,53	+20,06	+50,94
Jugement	-	Retenue	Retenue	iliminée	Retenue

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

IV. CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons proposé des solutions passives innovantes et disponibles sur le marché local, afin d'améliorer la performance énergétique des bâtiments résidentiels de Bechar.

Pour ce faire, nous avons effectué une simulation dans le but d'améliorer des indices de performance tel que l'indice de confort d'été IPS et deux indices de la consommation d'énergie IPR et l'Eco.

Le résultat de cette simulation a montré également la synthèse suivante :

L'isolation extérieure des parois verticales ou horizontales, présente une amélioration positive en confort d'été et une consommation d'énergie très importante. Les pertes thermiques sont réduites en hiver, et en été, l'isolation permet de diminuer les apports de chaleur par les parois.

Le système d'inertie thermique qui agit principalement en été, marque un déphasage dans notre climat chaud, apporte des bénéfices en été comme en hiver. Plus l'inertie est élevée, plus les améliorations dans les trois indices sont donc effectives.

Par contre, les fenêtres performantes adonc un impact négatif sur le besoin en rafraîchissement.

Nous pouvons constater que la meilleure solution et la plus économe en consommation énergétique est réalisée par le système d'isolation, avec une réduction de56, 08 %, et 54% pour l'inertie thermique. Par contre, le système des fenêtres performantes ne produit pas de changement important au niveau de la consommation énergétique globale.

Il nous semble dès lors nécessaire de revenir aux systèmes passifs innovants, disponibles et efficaces énergétiquement afin d'améliorer la performance énergétique des bâtiments résidentiels existants ou neufs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] RABOUILLE M., thèse de doctorat, Recherche de la performance en simulation thermique dynamique : application à la réhabilitation des bâtiments. Génie civil. Université de Grenoble, 2014. Français

[2] CHAHWANE L., thèse de doctorat Valorisation de l'inertie thermique pour la performance ´énergétique des bâtiments. Architecture, aménagement de l'espace. Université de Grenoble, 2011. Français

[3] FLORY-CELINI C., thèse de doctorat en modélisation et positionnement de solutions bioclimatiques dans le bâtiment résidentiel existant, université Lyon 1, 2008, p. 31.

[4] DURAN. C.S., Architecture and energy. Un enjeu pour l'avenir pp 10, 2011, paris, Edition place des victoires383p

[5] ADRA N., Thèse de doctorat, 2001 Proposition d'une procédure de certification énergétique des logements et application au contexte libanais

[6] IBRAHIM M., Improving the buildings envelopes energy performance using aerogel-based insulating mineral rendering, Mohamad Ibrahim 2015

[7] BONTEMPS S. Validation expérimentale de modèles : application aux bâtiments basse consommation. Construction durable. Université de Bordeaux, 2015. Français.

[8] MOTHANNA S.,thèse de doctorat, Développement d'un label énergétique destine aux bâtiments résidentiels de la région Est-Méditerranée (Syrie et Liban). Architecture, aménagement de l'espace. Conservatoire national des arts et métiers - CNAM, 2014. Français. .

[9] SDO, Données annuelles d'Electricité et du Gaz.

[10] Règlementation thermique des bâtiments d'habitation, Règles de calcul des déperditions calorifiques Fascicule 1(D.T.R C3-2) 1972

[11] EUGENE D.V., Isolation thermique des constructions en Algérie, Alger 1986 p225

[12] BRIGITTU V., Choisir une énergie renouvelable adaptée à sa maison,

[13] , EYRELLES, 2006 pp5 p93

[14] DJELLOUL A., Simulation du comportement énergétique des bâtiments résidentiels au sud algérien, Courrier du Savoir – N°17, Décembre 2013, pp.113-119

[15] BENOUDJAFER I., Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, Algérie, , Revue des Energies Renouvelables Vol. 15 N°1 (2012) 1 - 12

[16] RIVALIN L., thèse de doctorat, Vers une démarche de garantie des consommations énergétiques dans les bâtiments neufs : méthodes d'évaluation des incertitudes associée à la simulation thermique dynamiquedans le processus de conception et de réalisation. PSL ResearchUniversity, 2016, Français.

[17] GRIGNON-M. L., thèse de doctorat Développement d'une méthodologie d'analyse coût-bénéfice en vued'évaluer le potentiel de réduction des impacts environnementaux liés auconfort d'été : cas des climatiseurs individuels fixes en France métropolitaine.

[18] FEZIOUI N., et all : The traditional house with horizontal opening: a trend towards zero energy house in the hot, dry climates, Science

[19]

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Etude comparative entre les différentes méthodes extrapolations verticales de la vitesse du vent de la loi à coefficient de puissance avec le langage PYTHON

Hadjij Merouane[#1], BenfekirAbderrahim[*2], ZoubidaLounis[#3]

LABORATOIRE D'INGENIERIE EN SECURITE INDUSTRIELLE ET DEVELOPPEMENT DURABLE "LISIDD"
UNIVERSITE D'ORAN-2 MOHAMED BEN AHMED
BP 1524 ORAN, Algérie
[1]hadjij.marwan@gmail.com
[3]lounis_amira @yahoo.fr

LABORATOIRE D'INGENIERIE EN SECURITE INDUSTRIELLE ET DEVELOPPEMENT DURABLE "LISIDD"
UNIVERSITE D'ORAN-2 MOHAMED BEN AHMED
BP 1524 ORAN, Algérie
[2]benfkirrahim@yahoo.fr

Abstract—**This paper concerns the study of danger about the installations of the sites of renewable energies, more exactly wind farms after we had shown the dangers which could alter a wind turbine and minimize the most commons accidents in the worldwide, we noticed that the high speed of the wind always returns as main or secondary cause in the incident.**
It is in this context that a program with the PYTHON software was established to warn(prevent) the accidents for such wind turbine in such region, in the same time it will help us to compare between different methods so this allows us to view a feasibility and to choice the adequate territory or an adequate wind turbine in order to preserve the durability of the device by getting it a performance continues in complete safety .

***Keywords*— Wind turbine, Program, Wind, Danger, Risk.**

I. INTRODUCTION

L'énergie éolienne a connu une avancée considérable ces dernières années de telle sorte que ce domaine est investi en force par plusieurs pays importants tels la Chine, l'Inde, les USA, le Brésil et les pays européens [1].

Cependant, une étude de risque est indispensable afin de déterminer le site adéquat pour la mise en place des parcs éoliens sur un territoire donné. Toutefois, le souci premier de tout client ou investisseur dans l'énergie renouvelable réside dans le choix de l'éolienne la plus sûre et la plus performante.

L'étude présentée dans ce travail expose les dangers que peut receler l'installation d'un parc éolienne en cas d'accident et permet aux clients de bien choisir le type d'éolienne adéquat pour la région d'installation du projet. Le contenu de cette étude est en relation avec l'importance des dangers de l'installation et des conséquences prévisibles en cas de sinistre. Le but recherché dans notre étude est la détermination et la prévention. En effet, une phase de programmation est nécessaire afin de calculer les risques et garantir la sécurité du produit, cela en se basant sur les équations des deux chercheurs Betz et Mikhaiel qui ont établi la relation directe entre la puissance produite, la vitesse du vent, l'aire balayée par le rotor et l'altitude du mât de l'éolienne : tout cela pris en considération lors du choix du produit. L'ensemble de ces éléments permet d'identifier la meilleure éolienne pour un site précis, une base des données météorologiques étant primordiale pour effectuer les calculs.

II. LES ACCIDENTS LES PLUS REDOUTES POUR UNE EOLIENNE

L'éolienne, en tant que source d'énergie propre et renouvelable dépendant principalement de la vitesse du vent, peut être exposée à des dangers multiples, causés essentiellement par le phénomène de survitesse de vent qui pousse la rotation des pales au bout de leurs limites de conception (Vitesse de déclenchement)

- Effondrement d'éolienne
- chute de pales
- projection de debris

III. LA FORMULE D'ALBERT BETZ

Albert Betz a réussi à définir la puissance que peut extraire l'éolienne de l'énergie cinétique du vent et en a conclu qu'une partie seulement de la puissance du vent est utilisée par la turbine d'où le coefficient de Betz de sorte que :

$$P = \frac{16}{27}\rho\left(\frac{1}{2}\right)S.V^3 \text{[Watt]}$$

S: Surface balayée par le rotor (m^2)

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

ρ: La masse volumique de l'air (1.25 kg/m^3)
V: Vitesse du vent (m/s)

Coefficient de Betz $\frac{16}{27} = 0.5926 ou\ 59.26\%$

la surface du rotor égale à $S = \frac{\pi D^2}{4}$

donc on peut écrire l'équation de Betz en fonction du cube de la vitesse du vent et du carré du diamètre

$$P = \frac{16}{27}\frac{\rho}{2}V^3\frac{\pi D^2}{4}$$

dans le cas de ρ=1.25 kg/m^3

l'équation de Betz s'écrit

$$P_m = 0.37.S.V^3$$

A. *La puissance électrique récupérée*

Outre le coefficient de Betz qui fait diminuer la puissance extraite en raison des frictions des pales et toute résistance mécanique, appelé coefficient de puissance[2]

$$P_m = Cp.P_w$$

d'où:

$$P_w = \frac{1}{2}\rho\, S.V^3$$

la puissance électrique de sortie vers le réseau ou au consommateur est diminuée par le rendement de la boite de transmission η_t et par le rendement du générateur électrique η_g sachant que le rendement combiné pour la transmission et le générateur est égal à 70% de la limite de Betz pour une hélice à trois pâles ce qui justifie notre choix
Alors l'équation pourrait être développée de cette façon :

$$P_g = Cp.\eta_t.\eta_g\frac{1}{2}\rho.S.V^3$$

Alors

$$P_{NET} = P_g = 0.203.D^2.V^3$$

IV. METHODE D'EXTRAPOLATION

A. *Mikhail et Justus [3]*

La mesure de la vitesse du vent est effectuée généralement à des hauteurs manométriques égales à 10 mètres du sol.

Toutefois, il serai plus intéressant de pouvoir les produire à des altitudes dignes d'intérêt telles que les hauteurs des éoliennes. Plusieurs auteurs ont proposé des formules empiriques permettant l'extrapolation verticale de la vitesse du vent. La plus connue est la loi de la puissance de Mikhaiel et Justus. Ayant montré que pour des hauteurs inférieures à 100 m, l'effet de rugosité du sol ne peut être négligé lors de l'extrapolation de la vitesse du vent, Mikhaiel et Justus. [7] ont développé une seconde formule empirique, nommée la loi de puissance modifiée.

Soit une vitesse V_1 extrapolée d'une altitude Z_1 vers une altitude Z_2, suivant la formule suivante :

$$V_2 = V_1\left[\frac{Z_2}{Z_1}\right]^{\alpha_1}$$

L'exposant α_1 est sous la forme :

$$\alpha_1 = \frac{1}{\ln\frac{\bar{Z}}{Z_0}} - \left\{\frac{0.0881}{1-0.0881*\ln\frac{Z_1}{10}}\right\}\ln\left(\frac{V_1}{6}\right)$$

avec:

$$\bar{Z} = \exp\left[\ln(Z_1)+\ln(Z_2)\right]/2$$

Z_1: 10 mètres
Z_0: est la rugosité du sol
V_1:Vitesse du vent à altitude de 10 mètres
V_2: Vitesse du vent à altitude de Z_2

Cela doit être pris en considération du fait que le calcul de puissance est très important comme la nécessité de connaitre plus exactement la vitesse du vent à laquelle les pales des éoliennes sont exposées

B. *Modèle de Spera et Richards*

D'après l'étude de Spera et Richards [4], le coefficient peut être calculé en fonction de la rugosité du terrain et de la vitesse de référence comme suit :

$$\alpha = \left(\frac{Z_0}{Z_1}\right)^{0.2}\left[1-0,55.\log(V_1)\right]$$

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Ce modèle a été dérivé d'un certain nombre d'observations faites à travers plusieurs endroits des Etats Unis. De plus il fut utilisé au centre de recherche Lewis de la Nasa [5] pour concevoir des éoliennes à grande échelle.

C. Modèle de Mikhail [8]

En 1985 Mikhail a repris le modèle de modifié et a proposé un modèle qui prend en considération des conditions de stabilité moyenne. Le modèle est basé sur le modèle de la loi de puissance et le modèle de similitude où le coefficient modifié est donnée par

$$\alpha_{m_2} = \alpha_m + b.\ln\left(V_1\right)$$

avec:

$$\alpha_m = \frac{1}{\ln\left(\frac{Z_g}{Z_0}\right)} + \left(\frac{0.088}{1-0.088.\ln\left(\frac{Z_1}{10}\right)}\right)$$

L'expression du coefficient modifié devient ainsi :

$$\alpha_{m_2} = \frac{1}{\ln\left(\frac{Z_g}{Z_0}\right)} + \left(\frac{0.088-0.088.\ln\left(V_1\right)}{1-0.088.\ln\left(\frac{Z_1}{10}\right)}\right)$$

D. Loi de puissance dite à coefficient variable

Pour tenir compte des différentes valeurs de la rugosité du terrain, Knidiri et Laaouina [6] lors de l'établissement de l'atlas éolien du Maroc en 1986, ont proposé d'écrire l'expression sous la forme suivante :

$$\alpha = \frac{x-0.088.\ln\left(V_1\right)}{1-0.088.\ln\left(\frac{Z_1}{10}\right)}$$

Où le coefficient x varie en fonction de la classe de rugosité comme suit :

- x= 0.25 pour $0.005>=Z_0>0$m
- x=0.31 pour $0.05>=Z_0>0.005$m
- x=0.37 pour $0.5>=Z_0>0.05$m
- x=0.48 pour $4>=Z_0>0.5$m

V. CONCEPTION DU PROGRAMME DE SECURITE

Pour concevoir notre programme dans le but d'améliorer la sécurité des éoliennes nous devons prendre en considération les paramètres de ces dernières tels que le diamètre du rotor, la longueur du mât, sa vitesse de déclenchement "vitesse cut-out" : ces données figurent dans la fiche de spécification de toute éolienne fabriquée.
Il est également indispensable de disposer d'une base de données météorologiques de la région concernée par l'installation (Vitesse maximale journalière pendant 5 ans) et de connaître le coefficient de rugosité du sol de la région visé

A. Objectif du programme

Le programme consiste à étudier chaque éolienne proposée par le client dans les circonstances météorologiques de la région précise en procédant à l'élimination de celles qui ne peuvent supporter la vitesse du vent, les types d'éoliennes retenues seront classées selon leurs performances ou économiquement en fonction des choix du client

Cela va aussi nous aider a comparé entre les quatre méthodes d'extrapolation cités ci dessus qui sera la meilleure pour une bonne prédiction

B. Programmation avec le langage PYTHON

PYTHON est un langage de programmation à base de C++ très utilisé à travers le monde en raison de sa compatibilité avec la majeure partie du web. Cette caractéristique a conduit au choix de ce langage pour sa faculté à obtenir les informations du web grâce à des sous programmes spécifiques, la nécessité de disposer de données réelles dans notre programme étant primordiale afin de mettre en épreuve sa crédibilité prévisionnelle.

Après la conception du programme avec le PYTHON, une simulation du programme doit être faite dans le but d'évaluer son efficacité à prédire les accidents. Pour cela nous avons collecté 37 accidents différents enregistrés dans le monde dans les dernières années et recueilli les données relatives au lieu, la date et la spécification de l'éolienne, tout en alternant entre les 4 modèles d'extrapolation.

Considérant que le choix de la méthode d'extrapolation vertical de la vitesse du vent est très important pour le programme, nous allons procéder à une comparaison entre les quatre modèles cités précédemment ainsi que mettre en évidence les limites de chaque modèle au cours de cette simulation

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

VI. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

A. *Pour le modèle Spera et Richards*

La simulation du programme avec le modèle Spera et Richards a donné comme résultats 26 accidents prédits sur 37 ce qui correspond à un taux de 70.27% .

La limite concernant ce modèle c'est que la vitesse du vent n'excède pas les 65.8 m/s (237km/h) assez large pour couvrir les 37 accidents de sorte qu'en aucun cas le programme n'a donné des valeurs illogiques telles que la vitesse à une hauteur élevée est inférieure à celle de la vitesse référence ce qui est impossible physiquement "la vitesse du vent augmente avec la hauteur" [9].

B. *Pour le modèle Mikhail et Justus*

Lors de la simulation, ce modèle a montré que son intervalle de travail est trop étroit : ses limitesétant de $13.6<V_1<44.9$m/sec

Le programme a donné comme résultats 24 accidents prédits sur 37, soit un taux de réussite de 64.86%

C. *Pour le modèle Mikhail*

Plus précis mais il intervient dans un intervalle étroit de l'ordre de $6.2<V_1<20.4$m/sec.

Ne couvrant pas la majorité des accidents, le résultat donne une prédiction de 45.94 % du cas réel

D. *Pour le modèle de la loi puissance dite à coefficient variable*

Le modèle de Kindiri&Laaouiniadonne d'assez bons résultats lors de la simulation du programme de sorte quela prédiction avec ce modèle frôle les 67.56% comme taux de réussite

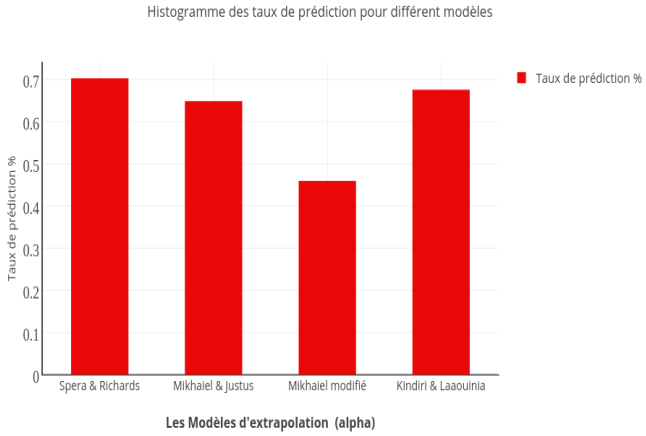


Fig. 1 Histogramme des taux de prédiction pour différent modèles

La figure 1 englobe les résultats de la simulation du programme pour différents modèles d'extrapolations, la méthode de Spera& Richards a le meilleur taux de prédiction suivie par le modèle de Kindiri&Laaouinia

VII. ETUDE ET ANALYSE DES MODELES D'EXTRAPOLATION

Pour mieux comprendre et analyser les quatre modèles tous basés sur la méthode de la loi de puissance et diffèrents dans le calculde l'exposant "alpha", nous avons établi une étude de profil "alpha" en fixant certains paramètres et variant d'autres de manière à exposer les limites de chaque modèle.

A. *Etude de profil d'alpha en fonction de la vitesse référence (météo)*

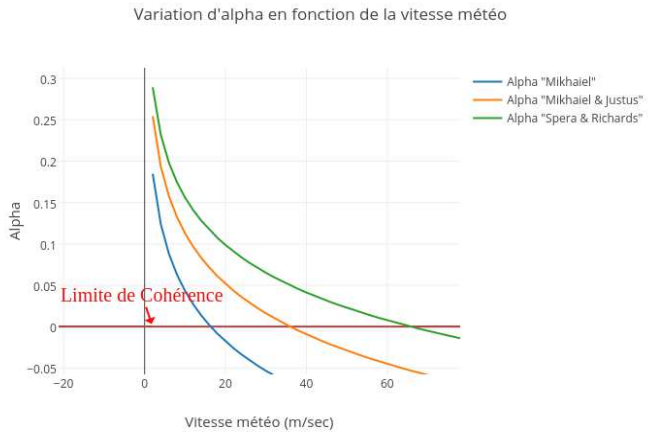


Fig. 2 Variation d'alpha en fonction de la vitesse météo(3 modèles)

Ce graphe montre la variation d'alpha des trois modèles en fonction de la vitesse météo (m/sec) et met en évidence les limites de cohérence de chaque modèle.

Il est constaté que le modèle de Spera& Richards couvre un assez large intervalle de bon fonctionnement par rapport aux deux autres modèles "Mikhail" et "Mikhail& Justus", avant d'atteindre sa limite, sachant que les paramètres hauteur de l'éolienne et rugosité ont été fixés respectivement à H_e=80m , Z_0=0.05m

Pour le modèle de Kindiri&Laaouinia qui dépend de la variable x selon l'intervalle de la rugosité, un graphe lui est dédié

Copyright - 2019

ISSN 1737-9334

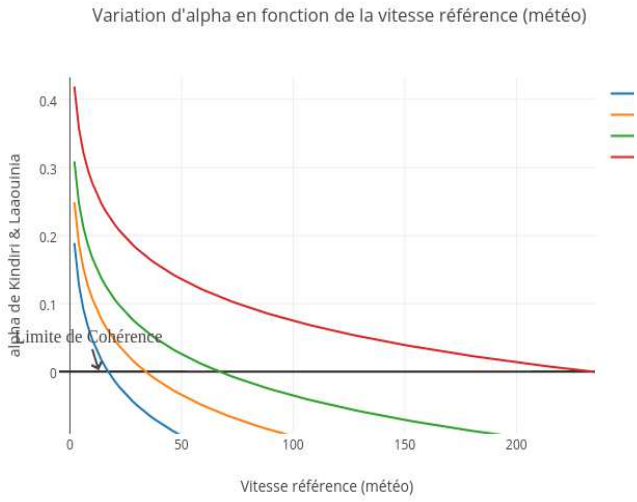


Fig. 3 Variation d'alpha de Kindiri&Laaouinia en fonction de la vitesse météo

la figure(3) comprend quatre courbes chacune représentant un certain intervalle de rugosité : ainsi on peut dire que l'équation de l'alpha établie par Kinidiri et Laaouinia en 1986suit l'une des quatre courbes selon la valeur de la rugosité:

- x= 0.25 pour $0.005>=Z_0>0$m
- x=0.31 pour $0.05>=Z_0>0.005$m
- x=0.37 pour $0.5>=Z_0>0.05$m
- x=0.48 pour $4>=Z_0>0.5$m

Interprétation

On distingue dans le graphe (figure3) que pour la courbe x=0.25 la limite est de 17m/sec , pour x=0.31 la courbe est limitée à 44m/sec, celle de x=0.37 n'excède pas les 67m/sec enfin la dernière peut aller jusqu'a 240 m/sec mais c'est pour une rugosité très élevée (la hauteur de l'éolienne est fixée à 80m).

Pour le graphe (figure 2) nous constatons que le modèle de Spera& Richards couvre une assez large étendue avant d'atteindre la limite logique d'ordre 65.8m/sec suivi par le modèle de Mikhaiel& Justus avec une plage médiane limitée à 45m/sec. En dernier, le modèle de Mikhaiel qui n'excède pas 20m/sec

B. Etude de profile d'alpha en fonction de la rugosité

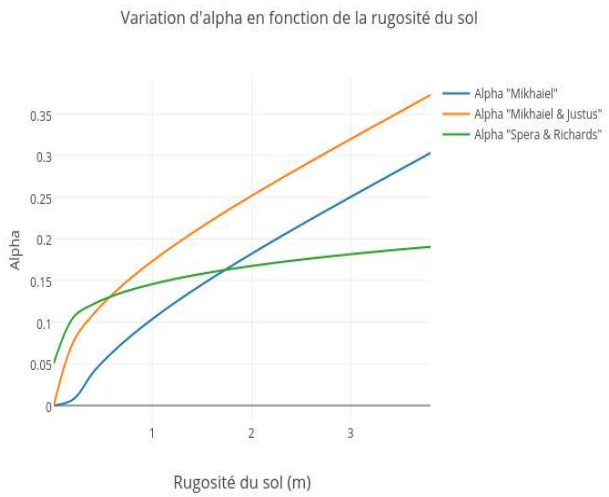


Fig. 4 Variation d'alpha en fonction de la rugosité (3 modèles)

Le graphe (Figure 4) montre l'influence du paramètre rugosité sur l'exposant "alpha" : ce dernier joue un rôle très important dans l'extrapolation verticale

On constate que le modèle "Spera & Richards" est presque indépendant de ce paramètre. Par contre les deux modèles "Mikhaiel" et "Mikhaiel & Justus" sont influencés par la rugosité de manière similaire sauf pour les valeurs très faibles de ce paramètre

VIII. CONCLUSION

Ce programme nous a permis de choisir l'éolienne la mieux indiquée pour une région donnée afin d'avoir la certitude que celle-ci ne courra aucun danger, opérera en continu et pourra produire de l'énergie tout au long de sa durée de vie.

Ainsi on déduit que le modèle "Spera & Richards" à une assez bonne prédiction dans le programme

Le programme sera amélioré (Python) afin qu'il puisse être à la portée du client, facile à utiliser et affichant plus clairement les résultats ce qui le rendra accessible pour tout investisseur

IX. PERSPECTIVE

Nous visons à améliorer le programme de sorte à augmenter son taux de prédiction entre autre nous nous engageons aussi pour modéliser une méthode d'extrapolation qui possède une bande de travail assez large

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

REFERENCES

[1] The World Wind Energy Association, «2014 Half-year Report»,WWEA Head Office Charles-de-Gaulle- Str. 5 53113 Bonn,2014 Germany.

[2] Albert BETZ "Wind energie und ihreAusnutzugdurchWindmülen," "Wind Energy and it's extraction through Windmills, "Germany,1926.

[3] Mikhail et al., 'Comparaison of Height Extrapolation Models and Sensitivity Analysis', Wind Engineering, 1981,Vol. 5, N°2**.**

[4] Spera DA, Richards TR. Modified power law equations for vertical wind profiles. In: Conference and workshop on wind energy characteristics and wind energy siting, Portland, OR, USA; June 1979**.**

[5] Spera DA. Wind turbine technology: fundamental concepts of wind turbine engineering. New York: ASME Press; 1994.

[6] Knidiri F. and Laaouina A. (1986) L'énergie éolienne au Maroc, CDER.

[7] Mikhail, A. S., and Justus, C. G.,"Comparison of Height Extrapolation Models and Sensitivity Analysis," Wind Engineering, Vol. 5,No. 2, 1981

[8] Mikhail, A. S., Height Extrapolation of Wind Data, Journal of Solar Energy Engineering, 107(1985)10-14

[9] N. KasbadjiMerzouk, Evaluation du gisement énergétique éolien. Contribution à la détermination du profil vertical de la vitesse du vent en Algérie, Thèse de doctorat, Université Abou BekrBelkaid Tlemcen, Unité de Recherche Matériaux et Energies Renouvelables URMER Tlemcen, 2006, pp.13

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Caractérisation physico-chimique et mécanique des argiles de la région d'Adrar et de Timimoun en vue d'une utilisation dans les centres de stockages des déchets

BELAIDI Khedidja [#1], MEKERTA Belkacem [*2], ALLAL Mohamed Amine [#3]

[#1] *Enseignant Chercheur, Département science de la technologie, Université Ahmed Draia Route N6-01000, Adrar, Algérie*

[#3] *Professeur Chercheur, Département de génie civil, Université Aboubekr Belkaid Faculté de Technologie,B.P N°230 Pole Chetouane-13000,Tlemcen, Algérie*

[1]khadidja.univ@yahoo.fr
[3]aminallal@yahoo.fr

[*2] *Professeur Chercheur, , Université Ahmed Draia Route N6-01000, Adrar, Algérie*

[2]mekertab@yahoo.fr

***Résumé*— Nos travaux de recherche ont pour but d'étudier expérimentalement les argiles compactées saturées utilisées dans la construction de la barrière passive du Centre de Stockage des Déchets (CSD). Le choix du matériau utilisé pour la construction de la barrière passive est une argile qui provient de deux gisements différents, à savoir celui d'Adrar et de Timimoun. Dans la première partie, on s'intéresse à la connaissance des différentes caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques de ces argiles. La seconde étape de cette étude, nous a conduit à traiter les essais œdométriques qui permettront de trouver les paramètres de gonflement (taux et pression de gonflement). On a poursuivi nos travaux de recherche dans la détermination du coefficient de perméabilité par les deux méthodes de Casagrande et Taylor.**

***Mots-clés* — Argiles d'Adrar, centre de stockage des déchets, barrière passive, paramètres de gonflement, perméabilité.**

I. Introduction

La croissance de la population dans les zones urbaines et les centres ruraux conduisent à la naissance de volumes de déchets de plus en plus importants. Le confinement des déchets dans les centres de stockage des déchets (C.S.D) est la méthode la plus couramment utilisée actuellement. Afin de préserver les eaux souterraines, les décharges sont construites sur une couche d'argile naturelle ou reconstituée de faible perméabilité, connue sous le nom de barrière de sécurité passive. Pour les déchets ménagères et assimilés, la plupart des réglementations en vigueur exigent une perméabilité maximum de $1x10^{-9}$ m/s.

La présente étude fixe son objectif principal dans la connaissance des différentes caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques des argiles. De ces matériaux particuliers, on a réalisé des essais œdométriques qui ont permis de trouver les paramètres de gonflement et le coefficient de perméabilité K, qui est un paramètre fondamental au niveau du choix des CSD dans l'enfouissement des différents déchets (inertes ou dangereux).

II. Qu'est ce qu'un CSD

Un centre de stockage des déchets comprend une surface de plusieurs dizaines d'hectares. Il est composé de casiers indépendants sur le plan hydraulique dans lesquelles sont confinés les déchets [1] (voir Figure 1).

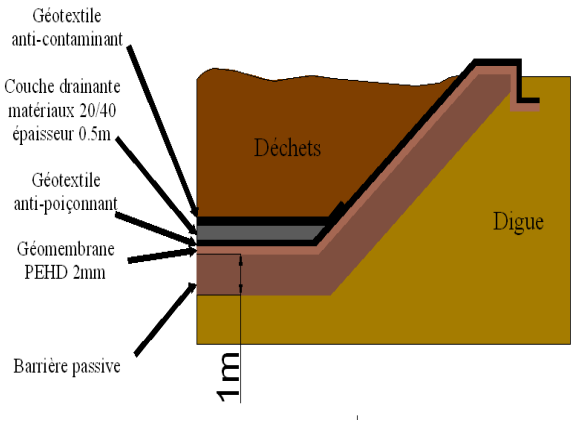


Fig. 1 Schéma type d'un CSD en Algérie [1]

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

La barrière de sécurité passive est destinée à garantir l'étanchéité des casiers en cas de défaillance de la barrière de sécurité active sous laquelle elle se trouve (voir Figure 2). La valeur de la perméabilité tourne autour de 10^{-9} m/s pour 1mètre d'épaisseur de la barrière passive [2].

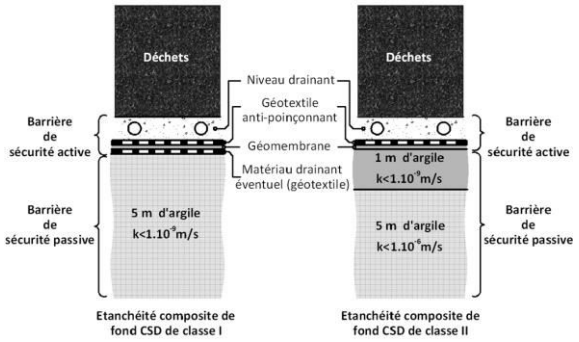


Fig. 2 Principe de l'étanchéité du fond de CSD selon la réglementation française, [2]

III. UTILISATION DES ARGILES LOCAUX DE LA WILAYA D'ADRAR

Dans nos travaux de recherche, nous allons caractériser deux types d'argile se trouvant à Adrar dans un rayon de 200Km. Le choix de ces gisements d'argiles est justifié par la proximité des CSD déjà construits (voir Figure 3), à savoir :

Le premier est proche du CSD déjà réalisé, il est utilisé pour les déchets ménagères (Timimoun), et le deuxième gisement sert à alimenter l'usine de briqueterie, il se trouve à Adrar Nord.

Localisation du site d'Adrar Localisation du site de Timimoun

Fig. 3 Localisation des gisements étudiés

A. *Caractérisation des sols de la région d'Adrar*

Le tableau 1 résume l'ensemble des résultats des essais physico-chimiques et mécaniques réalisés sur les argiles étudiés. D'après l'abaque de plasticité de Casagrande et selon la classification L.C.P.C des sols fins, on a constaté que l'argile d'Adrar appartient à la catégorie des sols très plastiques, par contre l'argile de Timimoun est de consistance peu plastique.

D'après Skempton, l'activité d'une argile (Ac) est définit selon l'équation (1) :

$$A_c = I_p\ (\%) / \%\ \text{des éléments} < 2\ \mu m \qquad (1)$$

Avec I_p : l'indice de plasticité

Le pourcentage de l'argile considéré est obtenu à partir des analyses granulométriques données dans le tableau 1. Suivant les résultats obtenus, on peut conclure que l'argile d'Adrar à une activité normale, par contre celui de Timimoun est peu actif.

TABLEAU I
RECAPITULATIF DES RESULTATS DES ESSAIS PHYSICO-CHIMIQUES ET MECANIQUES SUR LES DEUX TYPES D'ARGILE

Propriétés des argiles	Type d'argile	Argile Adrar	Argile Timimoun
Analyses Physiques	Pourcentage des elements < 2 µm (%)	46	36
	Limite de liquidité (%)	79	36
	Limite de plasticité (%)	36,74	11,4
	Indice de plasticité (%)	42,26	24,6
	Limite de retrait (%)	12,9	11,8
	Le coefficient d'activité A_c	0,92	0,68
Analyses Chimiques	VBS	8,2	5,33
	SST (m²/g)	171,62	111,55
	$CaCO_3$ (%)	3,59	12,08
Analyses Mécanique	γ_{dmax} (kN/m^3)	17,7	19,9
	Teneur en eau optimale w_{opt} (%)	20,86	10,53
	Indice des vides e_0	0,637	0,372
	Pression de gonflement P_g (bars)	12,50	7,64
	Gonflement libre G (%)	39,05	20,10

L'analyse des résultats chimiques nous a conduit à constater et confirmer que suivant la valeur de bleu, on est en de sols argileux. D'après les résultats obtenus lors des essais de la teneur en carbonate de calcium $CaCO_3$ [3], nous remarquons que l'argile d'Adrar est un sol non calcaire et l'argile deTimimoun appartient à la classe des sols faiblement calcaire.

Les résultats du Proctor modifié montrent que l'argile de Timimoun a une valeur de γ_{dmax} plus élevée que l'argile d'Adrar, contrairement à la teneur en eau optimal. L'argile d'Adrar demande une quantité plus élevée d'eau à cause du pourcentage des particules fines (% éléments < 2 µm = 46%).

IV. ESSAIS OEDOMETRIQUES

A. *Mesure du potentiel de gonflement*

Les argiles gonflantes ont des caractéristiques physiques typiques permettant de connaitre leurs potentiels de gonflement [4]. Le but de cette analyse est de déterminer les paramètres de gonflement (gonflement libre et pression de gonflement) des deux argiles sur des échantillons obtenus par compactage statique aux caractéristiques de l'optimum Proctor. Les essais ont été réalisés sur un oedomètre classique, l'échantillon est placé dans une cellule cylindrique entre deux pierres poreuses. Puis suite à l'inondation, on laisse le

Copyright - 2019

ISSN 1737-9334

gonflement se réaliser verticalement sous la pression du piston durant plusieurs jours jusqu'à la stabilisation [5]. L'argile d'Adrar a demandé 9 jours de stabilisation, par contre l'argile de Timimoun a été stabilisé au 6 ème jour. La variation relative du volume de l'échantillon est notée G (%).

D'après le tableau 1, la pression de gonflement de l'argile d'Adrar à une valeur importante, elle est de l'ordre de 12.5 bars, par contre l'argile de Timimoun présente une pression de gonflement moyennement faible.

La pression de gonflement trouvée est celle qui ramène le sol à son volume initial après son gonflement. La valeur de la charge finale lorsque l'échantillon est stabilisé est la pression de gonflement [4]. En ce qui concerne le gonflement libre, la figure 4 montre l'évolution du gonflement libre en fonction du temps pour les deux sols. On constate qu'au début de l'inondation, les sols gonflent d'une manière similaire en fonction du temps, mais par la suite l'argile d'Adrar présente un taux de gonflement plus important de l'ordre 39.05%.

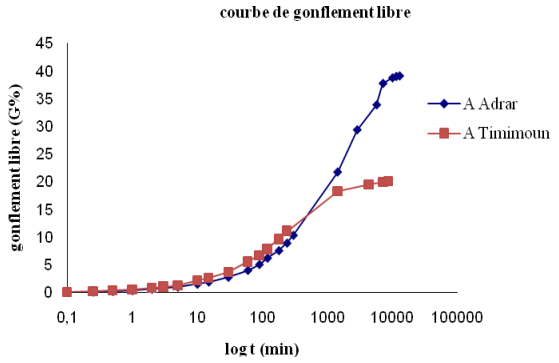


Fig. 4 Evolution du gonflement libre en fonction du temps des deux argiles

B. *Mesure indirecte de la perméabilité*

L'essai œdométrique permet d'évaluer le tassement et le gonflement du matériau au cours du temps, il permet également de classer les sols vis-à-vis de leur compressibilité.

On peut estimer la valeur de la perméabilité k_{sat} en fonction des paramètres de compressibilité et de consolidation selon l'équation suivante (2) :

$$k_{sat} = C_v . \gamma_w / E' \qquad (2)$$

avec : C_v : coefficient de consolidation
E' : module oedométrique
γ_w : poids volumique de l'eau

Le coefficient de consolidation $\mathbf{C_v}$ se calcule en utilisant les méthodes graphiques de Casagrande et Taylor. On remarque que pour les mêmes données, ces méthodes graphiques donnent des valeurs différentes de C_v [6].

C. *Mesure du coefficient de consolidation C_v*

Le coefficient de consolidation *Cv* est un paramètre très important pour l'estimation de la conductivité hydraulique, il est fonction de la hauteur de l'échantillon H en cours d'essai et du temps de consolidation t_{90} (méthode de Taylor) ou t_{50} (méthode de Casagrande), selon les équations (3) et (4) :

méthode de Taylor : $C_v = (0{,}848 \times H^2)/(4 \times t_{90})$ (3)

méthode Casagrande : $C_v = (0{,}197 \times H^2) / t_{50}$ (4)

Les résultats des valeurs des coefficients de consolidation des deux argiles sont regroupés dans le tableau 2 ci-dessous. Les valeurs des coefficients de consolidation Cv obtenues par la méthode de Casagrande sont supérieures à celles obtenus par la méthode de Taylor. On remarque aussi que l'argile de Timimoun donne une valeur de Cv plus élevée comparée à l'argile d'Adrar, cela explique que l'argile d'Adrar est une argile proche des sols très fins.

TABLEAU II
RESULTATS DES COEFFICIENTS DE CONSOLIDATION ET DE PERMEABILITE SUR LES DEUX TYPES D'ARGILES

Type de méthode	Type d'argile	Argile Adrar	Argile Timimoun
Méthode de Taylor	coefficient de consolidation C_v(cm²/s)	$0{,}085.10^{-3}$	$0{,}444.10^{-3}$
	perméabilité k (m/s)	$2{,}03.10^{-10}$	$5{,}27.10^{-10}$
Méthode de Casagrande	coefficient de consolidation C_v(cm²/s)	$0{,}171.10^{-3}$	$0{,}501.\ 10^{-3}$
	perméabilité k (m/s)	$4{,}10.10^{-10}$	$5{,}94.10^{-9}$

D. *Variation de la conductivité hydraulique K*

On remarque que la conductivité hydraulique de l'argile d'Adrar déterminée par la méthode de Casagrande est inférieure à celle de l'argile de Timimoun. Par contre, les valeurs de la perméabilité des deux argiles obtenues par la méthode de Taylor sont presque proches. Comme première proposition dans notre cas, l'argile à prendre en considération pour la suite de nos travaux de recherche est celle d'Adrar. Cependant, on peut poursuivre nos travaux de recherche par la diminution du gonflement par ajout de la chaux à différents pourcentages et de mesurer par la suite l'évolution de la conductivité hydraulique.

V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans cette étude, nous avons réalisé un travail expérimental permettant la caractérisation physico-chimique et mécanique des matériaux argileux nommés « argiles d'Adrar et de Timimoun ». Cette étude a pour objectif principal l'évaluation de la possibilité d'exploitation d'un matériau argileux comme barrière de sécurité passive pour les C.S.D, en vérifiant l'argilosité et la perméabilité.

Le premier critère qui est la granulométrie montre que l'argile d'Adrar est la plus favourable, puisqu'elle a une teneur en argile de 46%, ce qui assure une bonne perméabilité. L'analyse des résultats chimiques nous a confirmé que suivant la valeur de bleu, nos sols sont fins et que l'argile d'Adrar est un sol très argileux, par contre l'argile de Timimoun est un sol argileux. D'après les résultats obtenus lors des essais de la teneur en carbonate de calcium $CaCO_3$, nous constatons que l'argile d'Adrar est un sol non calcaire et l'argile de Timimoun appartient à la classe des sols faiblement calcaire.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

La capacité de gonflement joue un rôle important dans l'étanchéité de l'argile. Suivant aussi les résultats des limites d'Atterberg, on peut conclure que l'argile d'Adrar est très gonflante (référence).

Pour le gonflement libre, on constate qu'au début de l'inondation de l'argile, les sols gonflent d'une manière similaire. On remarque que l'argile d'Adrar présente un taux de gonflement important estimé à 39.05%. La pression de gonflement de l'argile d'Adrar est élevée, elle est de l'ordre de 12.5 bars, par contre l'argile de Timimoun présente une pression de gonflement moyennement faible (7,64 bars).

La conductivité hydraulique a été calculée indirectement par les essais œdomètriques par les methodes de Casagrande et Taylor. Les résultats montrent que l'argile d'Adrar est relativement imperméable par rapport à l'argile de Timimoun. Les deux sols argileux pourront être utilisés comme barriere passive pour le stockage des déchets ménagers et spéciaux en moyennant quelques precautions supplémentaries liées à la disposition des différentes couches d'un CSD [6].

Comme perspectives des travaux de recherche, il reste à confirmer le choix de l'argile par rapport aux valeurs du coefficient de perméabilité, après traitement aux mélanges à la chaux 2, 4 et 6%, dans le but du stockage des déchets dangereux et toxiques au niveau de la wilya d'Adrar (Direction de l'environnement de la wilaya d'Adrar).

REFERENCES

[1] MC. Rahmani, Durabilité des fondations d'un centre de stockage de déchets vis-à-vis des sollicitations de service. Mémoire de magister, Ecole Nationale Polytechnique d'Oran, 111 pages, 2014.

[2] CARTAUD F., 2004. Modélisation des écoulements dans les interfaces des barrières d'étanchéité composites d'installations de stockage de déchets. Thèse Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. France.

[3] (2018)Web-1:http://www.lano.asso.fr/web/potentiel_dhydrogene.html Calcaire total et calcaire actif. LANO - Laboratoire Agronomique NOrmand - pH (Potentiel hydrogène).

[4] MK. Gueddouda, I. Goual, M. Lamara. et MS. Goual, Comportement mécanique d'un sol expansif stabilisé par ajout de sable de dune. Revue des Sciences et Sciences de l'Ingénieur, ISSN2170-073. RSSI, Vol.02, No.01, p16-26, Décembre 2012.

[5] Z. Amraoui, Etude de l'infiltration dans les sols fins non saturé. Thèse de Doctorat de l'INPL , 325 p, 1996 .

[6] M K. Gueddouda, Comportement hydromécanique des sols compactés: Application à la conception d'une barrière ouvragée "sable de dune-bentonite". Thèse de Doctorat, Tlemcen,116 pages, 24 janvier 2011.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Pour une approche environnementale du traitement des eaux usées de la ville de Tamanrasset -Sud Algérien- dans le cadre du développement durable.

Bouaoud Mohamed[#1], Bebouche Manel[#2], Hadj Ali Zakaria[#3]

Département Techniques Urbaines et Environnement

Institut de Gestion des Techniques Urbaines

Université Salah Boubnider Constantine 3

Ville universitaire Ali Mendjeli Constantine, Algérie

Mohamed.bouaoud@univ-constantine3.dz

manelgtu1992@gmail.com

zakirroni7@gmail.com

Résumé — **Suite à l'accroissement de l'utilisation quotidienne de l'eau par les citoyens de nos villes et la diminution des ressources en ce liquide précieux due au réchauffement climatique, et ça raréfaction dans les zones désertiques et arides, l'homme c'est retrouver dans l'obligation de trouver une alternative à ce problème soit par les grands transferts (La grande rivière artificielle en Libye, le grand transfert In-Saleh /Tamanrasset en Algérie) ou bien la désalinisation de l'eau de mer (proche et moyen orient), mais ses deux solutions ne font qu'empirer la situation environnementale par l'assèchement des nappes souterraines qui sont pour le cas du grand Sahara non renouvelable et par l'augmentation du degrés de salinité du littorale des mers en rejetant les saumures résidu de la désalinisation**

Tous cela nous mène à penser à d'autres alternatives pour préserver cette ressource pour les générations futures d'où la réutilisation des eaux usées à nouveau par leur épuration.

Malgré le raccordement de la majorité des quartiers de la ville de Tamanrasset au réseau d'assainissement et la mise en marche de la station d'épuration en 2011, on trouve que le rejet d'eau épurée cause beaucoup de problèmes sanitaires et écologiques, cela se traduit par la prolifération de maladies dans les zones où passe le coure d'eau du rejet. On peut dire alors que le processus d'épuration est insuffisant.
Pour améliorer le traitement des eaux usées dans la ville de Tamanrasset on a opté dans ce travail pour faire un diagnostic de la situation ainsi que proposer quelques solutions et projets d'avenir pour atteindre et assurer une bonne épuration des eaux usées de cette ville dans le cadre du développement durable, toute en améliorant la qualité environnementale et sans influencer sur la santé publique.

Mots–clés — **Traitement des eaux, Développement durable, Santé, Ecologie, Tamanrasset.**

I. Introduction

La ville de Tamanrasset, chef-lieu de la plus grande wilaya de l'Algérie par sa superficie qui est plus grande que la France métropolitaine, est une ville du grand Sahara où le problème de l'eau était le souci de toutes les générations qui se sont succédées sur cette ville ; Les autorités publics Algériennes ont pu mettre fin à ce problème par un grand transfert de l'eau potable sur une distance de plus de 740Km pour satisfaire au besoin des citoyens de cette région.

Et pour une bonne gouvernance de cette eau et garantir une gestion durable de cette ressource hydrique, l'installation de station d'épuration est impérative pour le traitement et la réutilisation des eaux usées et pour ne pas se retrouver dans une catastrophe écologique.

II. Diagnostic de la situation environnementale

L'Algérie est parmi les pays qui ont lancés un grand programme de traitement des eaux usées (figure 1) avant de les rejetés dans les oueds, rivières et milieu naturel ensuite réutilisés ces eaux après la refermeture du cycle de l'eau.

La ville de Tamanrasset est l'une des villes Algériennes caractérisée par sa diversité environnementale et la richesse de son écosystème ; cette richesse est menacée par la non maitrise du domaine hydraulique, et plus précisément l'assainissement des eaux usées et pluviales.

Tout en étant dans une zone désertique et complètement aride, chaque ressource hydrique doit être bien exploiter et préserver pour les générations futures.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

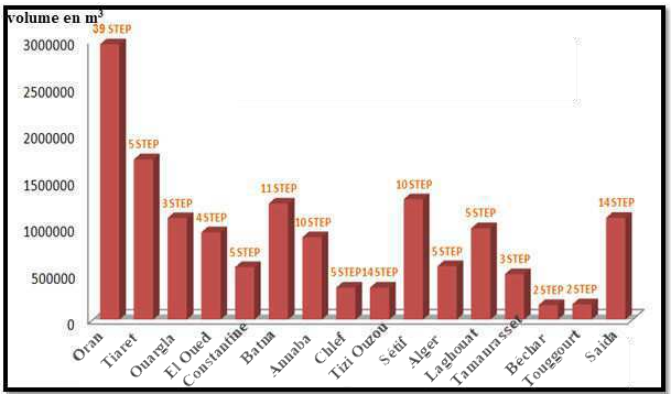


Fig.1 : Volume d'eau épurée dans les stations d'épurations gérées par l'ONA

Etant l'un des piliers majeurs du développement durable, la préservation des ressources pour les générations futures nous mène à penser au recyclage des eaux vannes et pluviales pour les réutiliser principalement dans le secteur agricole.

Malgré les efforts émis par l'office nationale d'assainissement « ONA » on trouve que cette ville souffre toujours des problèmes écologiques et sanitaires, surtout ceux en relation directe avec l'eau, soit en milieu urbain à cause des fosses septiques mal ou non entretenues et le mal dimensionnement du réseau d'assainissement ainsi que sa vétusté par endroit (figure 2), soit dans les villages avoisinant le cours d'eau où passe le rejet de la station d'épuration de la ville (figure 3).

Fig.2 : Photos montrant les nuisances causées par le réseau d'assainissement vétuste et mal dimensionné en milieu urbain

Fig.3 : Photo montrant le rejet de la station d'épuration de la ville de Tamanrasset

III. EFFET DE LA STATION D'EPURATION DE LA VILLE DE TAMANRASSET SUR SON ENVIRONNEMENT

La station d'épuration « STEP » de la ville de Tamanrasset a été mise en service le 1er Novembre 2011, où la direction d'hydraulique de la wilaya a chargé l'office nationale d'assainissement de sa gestion et exploitation, elle se situe à la cité Tahagouine au Sud-Ouest de la ville et à 2Km de l'agglomération, elle a été implantée dans la direction d'écoulement de Oued Tamanrasset pour faciliter l'écoulement gravitaire des eaux avant et après traitement.

D'une superficie de 30 hectares et d'une capacité de 126000 m^3, la STEP traite un volume journalier de 15500 m^3 uniquement de nos jours.

Malgré l'efficacité du traitement des eaux usées dans la STEP de Tamanrasset, approuvée par le laboratoire d'analyse qui, après chaque cycle de traitement fait un échantillonnage avant de déverser les eaux épurées dans l'oued Tamanrasset, cela suivant bien sûr les normes et lois exécutives émise par le ministère d'hydraulique et ressources en eau ou même décréter dans le journal officiel de la république Algérienne.

Mais au fil du temps et avec la dégradation des équipements mal entretenus de la STEP, nous avons constaté qu'il y a plusieurs défaillances au niveau de cette structure :

- Au niveau du prétraitement on trouve que les mailles du dégrilleur laissent passer quelques déchets ainsi que l'absence totale du déshuileur et par conséquence le passage des graisses et huiles dans les bassins d'aération (figure 4).

Fig.4 : Photos montrant les huiles flottant dans les bassins d'aération

- Au niveau des bassins de décantation parfois on ne donne pas assez de temps aux eaux usées pour qu'elles puissent se décanter convenablement.
- Au niveau des bassins d'aération on trouve le problème de l'entretien des aérateurs et la difficulté de réparation en cas de pannes.

Et pour appuyer notre hypothèse sur le mal fonctionnement de la STEP, nous avons mené une enquête sur le terrain et plus précisément sur le village qui suit directement la STEP dans la direction de l'écoulement des eaux rejetées.

Notre enquête a visé les habitants du village de « Tagrambait » situé à 15 Km de la STEP, elle a pour but de connaitre le degré de répercussion sanitaire,

Copyright - 2019

ISSN 1737-9334

environnementale et même économique sur les villageois, des eaux usées ayant pour origine le rejet de la STEP.

- Commençant par les nuisances causées par les mauvaises odeurs ou on trouve que 60% des habitants (figure 5) disent que ce problème vient des eaux polluées qui passe par l'oued (figure 6).

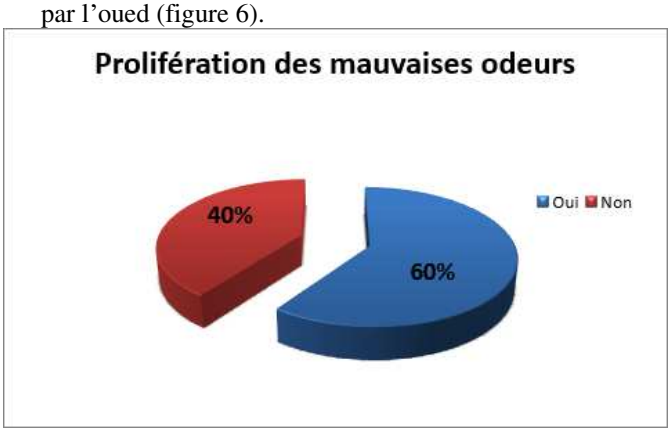


Fig.5 : figure montrant la répartition des habitants sur la question de la prolifération des mauvaises odeurs

Fig.6 : Photos montrant la pollution des eaux de l'Oued malgré la mise en service de la STEP

- L'infiltration des eaux de l'oued dans les puits du village, car la totalité des habitants souffrent de la pollution de leurs puits (figure 7 & 8) dû au rejet de la STEP, surtout que les habitants se sont implantés beaucoup plus avant 2011 la date de mise en service de la STEP et disent qu'ils n'avaient pas ce problème auparavant, surtout qu'ils utilisent largement les eaux de puits pour l'irrigation de leurs parcelles agricoles.

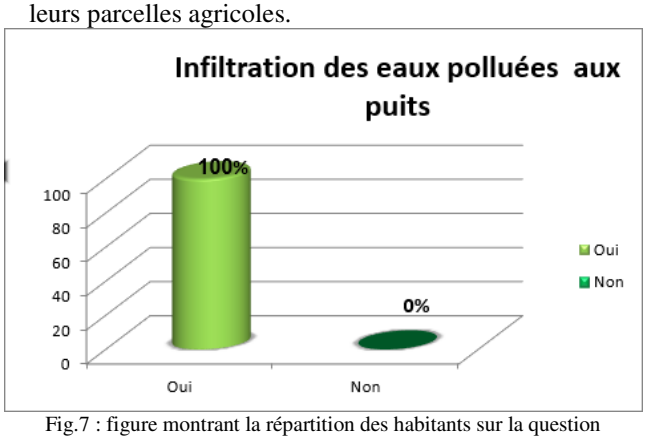


Fig.7 : figure montrant la répartition des habitants sur la question d'infiltration des eaux polluées aux puits de la région

Fig.8 : Photo montrant la pollution des eaux des puits du village de « Tagrambait ».

- La pollution a aussi causé un problème économique pour les agriculteurs de la région après 2011, cela est dû à la mauvaise réputation que leurs produits ont eu à cause de ces eaux usées traitées, surtout que la majeure partie des eaux est utilisé pour l'irrigation (figure 9).

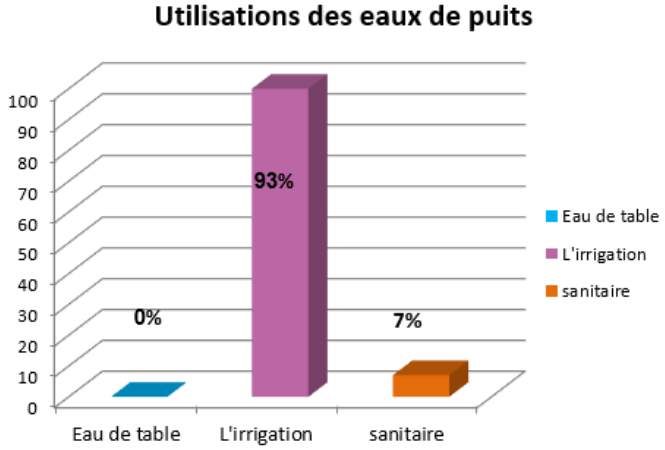


Fig.9 : figure montrant la répartition des utilisations des eaux de puits

- Du point de vue effets sur la santé publique on trouve principalement les maladies de la peau, ensuite viennent les maladies respiratoires (Figure 10 & 11).

Fig.10 : Photos montrant la souffrance des habitants du village des maladies dermatologique.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

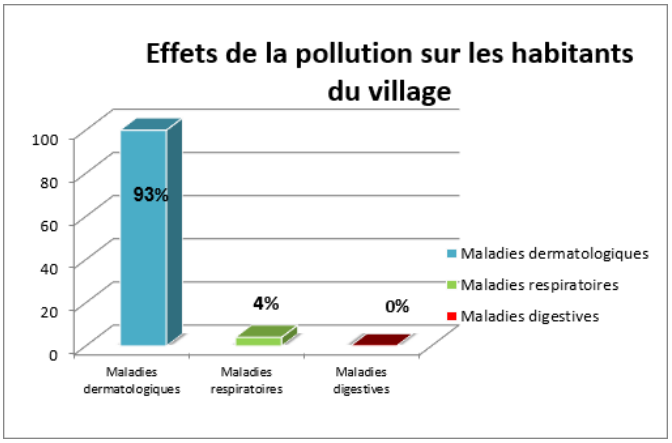


Fig.11 : figure montrant les effets de la pollution sur la santé des habitants du village de « Tagrambait ».

IV. Conclusions et Propositions pour l'amelioration du cadre de vie

Pour l'amélioration du cadre de vie des habitants de la ville de Tamanrasset, nous avons proposé une aire de repos et de traitement naturel des eaux épurées rejetées par la STEP, tout en respectant la nature de la région et le milieu saharien dans lequel elle se trouve cela avec l'utilisation des énergies renouvelables et les concepts du développement durable.

Cet espace se trouve près du quartier de Tahagouine au nord-ouest de la station d'épuration directement implanté après le rejet, d'une surface de 5.8ha il est composé d' :

- Un lac artificiel d'1.5ha où on a instauré des plantes aquatiques spéciales pour le traitement des eaux usées, d'où la mise en place d'un écosystème qui va limiter la pollution de l'eau ainsi que la propagation des mauvaises odeurs et la prolifération des maladies microbiennes et bactériologiques.
- Ce lac sera conçu de façon qu'il devient un réservoir d'énergie hydraulique, vu que notre terrain est accidenté et qu'on peut avoir une inertie hydrique pour produire de l'électricité pour tous les équipements du site.
- L'installation de poteux pour l'éclairage publique utilisant l'énergie photovoltaïque.
- Espaces verts irrigués avec les eaux traitées ainsi que des aires de jeux pour les enfants.
- Un café-restaurant pour le bien être des visiteurs ainsi qu'un parking

References

[1] Z. Hadj Ali, M. Bebouche, " أثر محطة تصفية المياه المستعملة، دراسة حالة مدينة تمنراست-قرية تاقرمبايت-," Mémoire de Master, Institut de Gestion des Techniques Urbaines, Université Salah Boubnider, Constantine3, Juin 2018.

[2] I. Labed, "معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية" Thèse de Doctorat, Faculté des mathématiques et sciences de la matière, Université Kasdi Merbah de Ouargla, 2015.

[3] A.B.Bisinella de Faria "Development of an integrated approach for wastewater treatment plant optimization based on dynamic modelling and environmental assessment " Thèse de Doctorat, INSA Toulouse, Oct 2016.

[4] F. Dutertre, "Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation d'un golf selon l'arrêté du 2 Aout 2010: cas de la station d'épuration de Dax," Polytech Montpelier 14éme séminaire de l'eau, , p. 215, 2015.

[5] A. Nacer, "حكم التطهير و استعمال المياه العادمة في الفقه الإسلامي" Mémoire de Magister, Faculté des études supérieures, Université nationale Ennadjah de Nablous, Palestine, 2012.

[6] H. Laribi, "تلوث المياه و دور محطات التطهير في التقليل من التلوث المائي," Mémoire de Master, Faculté des sciences sociales, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Juin 2011.

Copyright - 2019
ISSN 1737-9334

Biographie de l'éditeur:

Dr. Ahmed Rhif (Tunisia) is a Researcher & Engineer (PhD, Eng). He has more than 11 years of experience on Scientific Research, Teaching and industrial projects. He is actually the Dean of the International Centre for Innovation & Development (ICID). Ahmed Rhif has worked as a Technical Responsible Chief in LEONI (International Leader of Wiring Fibers Companies) and has occuped also the task of Project Manager and Method Engineer in both SMSI (electronic development industry) and CABLITEC (Engineering automobile company). Then he was a Lecturer at both the Private University of Sousah (UPS) and the High Institute of Applied Sciences and Technologies of Sousah (ISSATso) and now he is working as Lecturer in the High Institute of Applied Sciences and Technologies of Al Qayrawan (ISSATk). His research interests include Modelling, Control Systems and Engineering as well as the implantation of the international standard of quality (ISO-TS 16949). Dr. Ahmed Rhif is also a Trainer of Trainers certified from the Canadian Centre of Training in Montreal and Coach certified NLP from the American Board of Neuro-linguistic programming.

Biographie de l'éditeur:

Dr. Ahmed Rhif (Tunisia) is a Research & Engineer (PhD, Eng). He has more than 11 years of experience on Scientific Research, Teaching and industrial projects. He is actually the Dean of the International Centre for Innovation & Development (ICID). Ahmed Rhif has worked as a Technical Responsible Chief in LEONI (International Leader of Wiring Fibers Companies) and has occuped also the task of Project Manager and Method Engineer in both SMSI (electronic development industry) and CABLITEC (Engineering automobile company). Then he was a Lecturer at both the Private University of Sousah (UPS) and the High Institute of Applied Sciences and Technologies of Sousah (ISSATso) and now he is working as Lecturer in the High Institute of Applied Sciences and Technologies of Al Qayrawan (ISSATk). His research interests include Modelling, Control Systems and Engineering as well as the implantation of the international standard of quality (ISO-TS 16949). Dr. Ahmed Rhif is also a Trainer of Trainers certified from the Canadian Centre of Training in Montreal and Coach certified NLP from the American Board of Neuro-linguistic programming.