République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université 20 Août 1955-Skikda
Faculté de Technologie
Département de Génie Civil
Réf : D012114001M

Mémoire

Présenté
À
L'Université 20 Août 1955 Skikda

Pour obtenir le titre de
Magister

Spécialité
Génie Civil

Option
Techniques de Réhabilitation du Vieux Bâti.

Par
Boulkenafet Nabil

Intitulé :
Gestion et Optimisation de la Réhabilitation Thermique des Bâtiments

Le : 02 - 02 - 2014

Devant le jury composé de :

Belachia Mouloud	**Professeur**	**Université de Skikda**	**Président**
Bouabaz Mohamed	**Maître de Conférences**	**Université de Skikda**	**Rapporteur**
Messaoudi Karima	**Maître de Conférences**	**Université de Skikda**	**Examinateur**
Merzoud Miloud	**Professeur**	**Université d'Annaba**	**Examinateur**
Belghoul Badreddine	**Maître Assistant**	**Université de Skikda**	**Co-encadreur**

DECLARATION

Je déclare que ce mémoire a été composé par moi, que toutes les références citées ont été consultées par moi. C'est un ensemble de travaux réalisés par moi-même, et qu'il n'a pas déjà été présenté comme mémoire.

BOULKNAFET NABIL

Résumé

La gestion et l'optimisation de la consommation de l'énergie dans les vieux bâtis tel que les bâtiments domestiques et d'une importance significatives dans les zones tropicales.

L'intérêt de cette étude c'est de présenter un modèle intelligent basé sur l'approche de réseaux de neurones artificiels pour estimer la consommation en énergie de gaz destiné au chauffage ainsi que son coût, afin d'optimiser et mieux gérer la réhabilitation thermique de ces bâtiments avec l'introduction des données climatiques des sites choisis dans la région de la ville de Skikda, vu que le taux d'humidité est très élevé dans cette ville, la dégradation de leurs bâtiments est liée à cet pathologie. Une éventuelle réhabilitation thermique est nécessaire pour préserver les bâtis puis assurer un confort thermique adéquat au besoin des usagers en réduisant la consommation énergétique. Le modèle développé a montré ses performances en termes de preciseness.

Mots Clés : Gestion, Optimisation, Réhabilitation des Bâtiments, Energie thermique, Réseaux de neurones.

Abstract

Management and optimization of energy consumption in old housings as domestic buildings has a significant importance in tropical areas. The interest of this study is to present an intelligent model based on the approach of artificial neural networks to estimate the energy consumption of gas used for heating as well as its cost, in order to optimize and manage the thermal rehabilitation of these buildings with the introduction of climate data, type of buildings and location in the selected region of the city of Skikda. Because the humidity is very high in this city, the deterioration of their buildings is linked to this pathology. Possible retrofitting is necessary to preserve the built and ensure adequate thermal comfort needs of users by reducing energy consumption. The model has shown its performance in terms of preciness.

Key words: Management, optimization, Rehabilitation of buildings, thermal energy, Neural Networks.

ملخص

التســـيير الامثل لاستهـــلاك الطاقة في البنيـــات القديمـــة منها السكـنية لها اهميـــــة كبيـرة في المنـــــاطق المداريـــــة.

هـــــدفنا من خلال هده الدراســـة هو تقديـم نمـــوذج دكـــي لشبـــكة من العصـــبونات الاصطـناعية ودلك من اجـــل تقديـــر استهـــلاك و تكلفـــة طـــاقـــة الغاز المـوجهة للتـــدفئة, مـــن اجـــل للاســـتغلال الامثـــل والادارة الفضل لعمليـــة إعـــادة التـــهيئة الحـــرارية لهـــده البنـــايات مـــع إدمـــاج المعطيـــات المناخيـــة للمـــواقع التـــي تم اختيـــارها في منطقـــة سكيكـــدة , نظـــرا لنسـبة الرطـــوبة العـــالية التي تتميز بهـــا هـــده المـــدينة,والتي ارتبـط تدهـــور بناياتهـــا بهـــده الرطـــوبة . و على الأرجـــح فإن عمليـــة إعـــادة التهيئـــة الحـــرارية ضـــرورية من اجـــل الحفـــاظ على البنـــايات و تاميـــن الراحـــة الحـــرارية المنـــاسبة حسب حـــاجة المستخـــدميـن مـــع تخفـيض استهـــتلاك الطـــاقة . وقد أظهـــر النمـــوذج المطـــور أدائـــه من حيث الـدقـــــة.

كلمات البحث: تسييـر، التحسين، إعادة تأهيل المباني ، الطاقة الحرارية ، الشبكات العصبية الاصطناعية.

TABLE DES MATIERES

I	*Introduction général et problématique* ……..	1
II	*Hypothèse* ……	4
III	*Objectifs* ……..	4
IV	*Méthodologie et outils de recherche* ……..	4
Chapitre I	***Contexte énergétique***	
I.	*Introduction* ……..	5
I.1	*L'énergie : définition et concept* ……..	5
I.2	*Contexte énergétique mondial*……..	6
I.3	*Contexte énergétique Algérien*……..	8
I.4	*La consommation énergétique en Algérie*……	11
I.5	*Consommation de gaz naturel en Algérie* ……..	13
I.6	*Consommation énergétique à Skikda*……..	14
I.7	*Conclusion* ……..	15
Chapitre II	***Thermique du bâtiment***	
II.1	*Introduction* ……..	16
II.2	*Les éléments météorologiques et climatologiques* ……..	16
II.2.1	*L'air* ……..	16
II.2.2	*Le gaz carbonique* ……..	17
II.2.3	*La vapeur d'eau* ……..	18
II.3	*L'atmosphère* ……..	19
II.3.1	*La composition de l'atmosphère* ……..	19
II.3.2	*Composition de l'air atmosphérique* ……	20
II.4	*La structure verticale de l'atmosphère* ……..	20
II.5	*Le rayonnement solaire* ……..	21
II.5.1	*Rayonnement solaire et matière* ……	23
II.5.2	*Position du soleil et angles solaires* ……..	25
II.5.3	*Temps légal et temps solaire* ……..	26
II.5.4	*Angle solaire* ……..	27
II.5.5	*Notions de chaleur et température* ……..	28
II.6	*Transfert de chaleur* ……	28
II.6.1	*Les différents modes de transfert de la chaleur* ……..	29
II.6.1.1	*La conduction* ……..	29
II.6.1.2	*La convection* ……..	29
II.6.1.3	*Le rayonnement* ……..	30
II.6.1.4	*Fuite et flux de la chaleur* ……	30
II.6.2	*Flux d'énergie dans le bâtiment* ……..	31
II.6.2.1	*Migration de la vapeur et condensation* ……..	31
II.6.2.2	*L'inertie thermique* ……..	31
II.6.3	*Le règlement thermique* ……..	32

II.6.3.1 *Le contenue de la réglementation thermique* …… 34
II.6.3.2 *La règlementation thermique Algérienne* …….... 34
II.6.4 *Bilan thermique du bâtiment*…….. 35
II.6.4.1 *Le bilan thermique instantané* …… 37
II.6.4.2 *Le bilan thermique moyen* …….. 37
II.6.4.3 *Calcul du bilan thermique énergétique*…… 37
II.6.4.4 *La déperdition thermique du bâtiment* …….... 38
II.6.4.5 *Objectifs du calcul des déperditions* …….... 38
II.6.4.6 *Le diagnostique de performance énergétique* …… 38
II.6.5 *Les préceptes d'un bon DPE* …….... 40
II.6.5.1 *Les certificats d'économies d'énergie (CEE)* …….. 40
II.6.5.2 *L'audit énergétique* …… 40
II.7 *Conclusion* …….. 41

Chapitre III ***Contexte de la réhabilitation thermique***
III.1 *Introduction* …… 41
III.2 *Qu'est ce que la réhabilitation thermique ?* …… 41
III.3 *Les niveaux de la réhabilitation énergétique* …….. 43
III.4 *Les enjeux de la réhabilitation thermique dans l'existant* …… 43
III.4.1 *L'enjeu environnemental* …….... 43
III.4.2 *L'enjeu social et économique* …… 44
III.5 *Pourquoi Agir sur le bâtiment ancien ?* …….. 44
III.5.1 *La réhabilitation thermique et le confort* …… 45
III.5.2 *Qu'est-ce que le confort thermique* **?** …… 45
III.5.3 *Les paramètres du confort* …….. 46
III.5.4 *Les paramètres sensibles du confort thermique* …… 47
III.5.4.1 *La température de l'air ambiant* …….... 47
III.5.4.2 *L'hygrométrie* …… 48
III.5.4.3 *La vitesse de l'air* …… 50
III.5.5,1 *Confort d'hiver* …….. 51
III.5.5,2 *Confort d'été* …….... 51
III.6 *Conclusion* …… 51

Chapitre IV ***Approche aux réseaux de neurones artificiels***
IV.1 *Introduction* …… 52
IV.1.1 *Les Réseaux de neurones artificiels* …….... 53
IV.1.2 *Historique* …… 54
IV.1.3 *L'intérêt de l'utilisation des réseaux de neurones artificiels* …… 55
IV.2 *Notions de base sur les réseaux de neurones artificiels* …… 56
IV.2.1 *Le neurone artificiel émit le neurone biologique* …….... 56
IV.2.2 *Les réseaux de neurones artificiels* …… 58
IV.2.2.1 *Le model mathématique du neurone* …….. 59

IV.2.2.2 *La fonction d'activation des neurones* …….. 60
IV.3 *Les types de connexion* …….. 61
IV.3.1 *Des connexions directes* ……. 61
IV.3.2 *Les connexions récurrentes* …… 61
IV.4 *L'apprentissage* …….. 62
IV.4.1 *Les types d'apprentissage* …….. 63
IV.4.1.1 *L'apprentissage supervisé* …….. 63
IV.4.1.2 *Apprentissage non supervisé* …….. 64
IV.4.1.3 *Apprentissage semi supervisé* ……. 64
IV.4.2 *Les règles d'apprentissages* …… 64
IV.4.2.1 *Règle de Hebb* ……. 64
IV.4.2.2 *Règle de correction d'erreurs* …….. 64
IV.4.2.3 *Apprentissage de Boltzman* …… 65
IV.4.2.4 *Règle d'apprentissage par compétitions* ……. 65
IV.5 *Propriétés des réseaux de neurones* …… 66
IV.5.1 *La propriété d'approximation universelle* …….. 66
IV.5.2 *La propriété de parcimoinie* …… 66
IV.6 *Principe et architecture du perceptron multicouches* ……. 67
IV.6.1 *Mise en fonction des réseaux de neurones* …… 68
IV.6.1.1 *Etape 1 : fixer le nombre de couches cachées* …… 68
IV.6.1.2 *Etape 2 : déterminer le nombre de neurones par couches cachées* …… 68
IV.6.1.3 *Etape 3 : choisir la fonction d'activation* …… 69
IV.6.1.4 *Etape 4 : choisir l'apprentissage* …….. 69
IV.6.2 *Algorithmes de Retro propagation* ……. 69
IV.6.3 *L'aspect pratique des réseaux de neurones* …… 70
IV.6.3.1 *Le chois de réseau* ……. 70
IV.6.3.2 *Le test d'arrêt* ……. 71
IV.6.3.3 *Le Choix du pas d'adaptation* …… 71
IV.7 *Conclusion* …….. 71

Chapitre V ***Application des réseaux neurones en réhabilitation thermique des bâtiments***
V.1 *Introduction* …… 72
V.1.1 *Composition du modèle* …….. 72
V.1.2 *L'organisation des données* …… 72
V.1.3 *Présentation des données* …… 73
V.2 *Etape de modélisation* ……. 73
V.3 *Identification des paramètres de conception* …….. 75
V.4 *Phase l'apprentissage* …….. 76
V.5 *Phase de test* …… 76
V.6 *Etape de modélisation* …… 77
V.6.1 *Etape 1. Préparation des données* …… 77
V.6.2 *Etape 2. Normalisation des données* …… 81
V.6.3 *Courbe de performance* …….. 84

V.6.4 *Résultats et interprétation* …… 90
V.7 *Conclusion* …….... 93
V.8 *Conclusion générale* …… 94
Référence …… 95
Annexe …… 101

.

Liste

Des

Figures

Liste des figures

Fig. 1 Organisation des contenus sur le thème de l'énergie ……... 5
Fig. 2 Demande de l'énergie finale dans le cas du chauffage domestique ……... 6
Fig. 3 Evolution de la consommation d'énergie primaire …….. 7
Fig. 4 Evolution des émissions de CO2 par type de combustible ……. 8
Fig. 5 Consommation énergétique en Algérie dans le secteur ménager …… 12
Fig. 6 La consommation énergétique à Skikda pour le mois de Janvier 2010 …….. 13
Fig. 7 La consommation énergétique à Skikda pour le mois de Février 2010 …….. 14
Fig. 8 La consommation énergétique à Skikda pour le mois de Mars 2010 …….. 14
Fig. 9 Composition d'une molécule du gaz carbonique ……. 17
Fig. 10 Représentation schématique du profil vertical moyen de température dans l'atmosphère… 21
Fig. 11 Ce que reçoit la terre du soleil ……. 22
Fig. 12 Spectre électromagnétique du rayonnement solaire …… 23
Fig. 13 Incidence du rayonnement solaire sur une surface …….. 24
Fig. 14 Mouvement apparent du soleil ……..... 25
Fig. 15 Equation du temps ΔH [minute]……... 26
Fig. 16 la relation entre la déclinaison; la latitude et la hauteur du soleil a midi solaire …… 27
Fig. 17 Conduction thermique ……. 29
Fig. 18 Convection de chaleur ……. 29
Fig. 19 Convection de chaleur ……. 30
Fig. 20 Fuite et flux de chaleur …… 31
Fig. 21 L'inertie thermique ……... 32
Fig. 22 Evaluation des exigences règlementaire de consommation énergétique des bâtiments neufs 33
Fig. 23 Bilan thermique d'un bâtiment ……. 36
Fig. 24 Etiquette énergie pour bâtiment ……... 39
Fig. 25 Etiquette climat ……... 39
Fig. 26 Les six paramètres du confort thermique …… 47
Fig. 27 La température de confort …… 48
Fig. 28 Diagramme bioclimatique Givoni …….. 49
Fig. 29 Hypothèse biologique d'un comportement intelligent …… 53
Fig. 30 illustration de l'accroissement de l'intérêt pour les réseaux de neurones …… 55
Fig. 31 Un neurone avec son arborisation dendritique …… 57
Fig. 32 Mise en correspondance neurone biologique / Neurone artificiel ……... 57
Fig. 33 Schéma de modélisation "boite noire" ……. 59
Fig. 34 Model mathématique d'un neurone ……. 60
Fig. 35 Schéma d'un neurone artificiel ……..... 61
Fig. 36 Exemple d'un neurone a connexion récurrent …….. 62
Fig. 37 Exemple d'un neurone a connexion partielle ……... 62
Fig. 38 Exemple d'un neurone a connexion total ……. 62
Fig. 39 Structure du perceptron multicouche ……... 67
Fig. 40 L'architecture du modèle de neurones ……. 79
Fig. 41 Performent en stade de développement 0,1457 ……... 89

Fig. 42 Performent en stade de développement 0,0349 ……... 90
Fig. 43 Performent en stade de développement 0,0116 ……... 91
Fig. 44 Performent en stade de développement 0,0098 ……... 92
Fig. 45 Performent en stade de développement 0,1339 ……... 93
Fig. 46 ligne de régression de la consommation d'énergie réelle et estimée ……... 95
Fig. 47 Ligne de régression du coût réel et estimé ……... 95
Fig. 48 La variation de l'erreur dans la phase du test ……... 96
Fig. 49 Rapport coût estimé et coût réel pour les vingt exemples dans la phase du coût …… 96

Liste

Des

Tableaux

Liste des tableaux:

Tab. 1 Consommation de Gaz naturel et nombre des villes alimentées…… 13
Tab. 2 Gaz constituant l'air atmosphérique …….. 20
Tab. 3 La vitesse résiduelle de l'air en période hivernale ……. 50
Tab. 4 Simulation du réseau de neurone pour les 93 projets étudiés …… 78
Tab. 5 Normalisation des données …… 81
Tab. 6 Résultats du modèle durant le test ……. 90

Nomenclature

Symbole	Définition	Unité
a	diffusivité thermique	m²/s
A	Aire réceptrice équivalente / surface fonctionnelle du bâtiment	W / m²
C	Capacité thermique	j/kg°C
COP	coefficient de performance du système de refroidissement système.	
e	effusivité thermique d'un matériau	Ws / m² °C
Ie	Indice énergétique	m²
Is	Irradiation solaire	W / m²
K	conductance totale ou coefficient de transmission thermique	W/m² °C
Q	flux de chaleur total	°C
Qgi	Gains internes.	W / m²
Qgs	Gains solaires.	W / m²
Qle	Pertes par conduction de l'enveloppe.	W / m²
Qlv	Pertes par renouvellement d'air.	W / m²
R	résistance thermique totale	m² °C/ W
te	température air extérieur	°C
ti	température air intérieur	°C
U	coefficient de transfert thermique global	W/m² °C
Δt	Différence de température entre l'intérieur et l'extérieur	°C
η	efficacité du système de chauffage.	m²
λ	Conductivité	w/m²°C
ρ	Masse volumique	kg/m³

Abréviations

AO	Abonné ordinaire
APRUE	L'agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'énergie
CEE	Les certificats d'économies d'énergie
DPE	Diagnostique de performance énergétique
DTR	Document technique unifié
ECS	Eaux chaudes sanitaire
FSM	Facture sur mémoire
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IR	Infrarouges
MP	Moyenne pression
MT	Moyenne tension
ONU	Organisation des Nations Unies
Pa	Pascal
PIB	Produit intérieur brut
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
TEP	Tonne équivalent pétrole
UV	Ultraviolets
WWF	World Wide Fund For Nature

Introduction générale et problématique :

La consommation d'énergie à l'échelle mondial n'a cessé de croitre de manière quasiment exceptionnel engendré par l'épuisement des ressources naturelles non renouvelables ainsi que leur prix s'envole, un changement significatif du climat qui a déjà des répercussions importantes ouragan, cyclone, pluies torrentielles, vagues de sécheresses, élévation du niveau de la mer menacent de nombreux pays et des milliards d'hommes et femmes [1].l'homme avec ses activités est le premier responsable de ce réchauffement climatique malgré que les causes sont multiples les résultats c'est l'émission des gaz à effet de serre et que les conséquences sont néfastes,pour les êtres vivants et leur environnement.

Selon le rapport d'évaluation 2007 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 11 des 12 années de la période1995-2006 comptent parmi les plus chaudes depuis 1850, date à la quelle l'enregistrement des températures a débuté. Le niveau dela mer s'est élevé du fait de cette augmentation de température de 1,8 mm par an en moyenne depuis 1961 et de 3,1 mm par an depuis 1993.[2]

Gauzin-Mûller [3],déclare que le constat mondial est plutôt sombre : le climat se dégrade, les pollutions sont de plus en plus tenaces, les ressources trop souvent surexploitées,de nombreuses espèces sont en danger, et la prospérité réservée à seulement 20% des habitants de la planète. Il faut donc agir par une action immédiate et à long terme qui passe en tout premier lieu par la diminution de nos émissions de gaz à effet de serre (GES).

Avec l'intérêt grandissant pour le développement durable et la lutte contre le changement climatique, il devient pressant de réduire les dépenses énergétiques dans les bâtiments afin de parvenir à respecter les exigences de réduction des émissions de GES dans le cadre du protocole Kyoto [4]. Le développement durable a longtemps été abordé prioritairement sous l'angle des transports, mais on sait aujourd'hui que pour atteindre

Chapitre I :

Contexte énergétique.

I - 1 - Introduction :

De nombreux travaux de recherche ont été menés ces dernières années, avec pour objectif la gestion et la maîtrise de la demande énergétique et ce, dans tous les domaines. Pour mieux cerner le besoin de la gestion énergétique optimal, ce chapitre rappelle le contexte énergétique mondial et algérien avec une attention particulière portée à l'énergie en électricité et en gaz. Il est mis en évidence ici les nouvelles problématiques de gestion et d'optimisation de la réhabilitation thermique des bâtiments ce qu'il perd en sûreté du fait notamment de la multiplicité des acteurs et de l'apparition de nouvelles sources et charges non conventionnelles.

I – 2- L'énergie : définition et concept :

Capacité d'un système à produire un travail. L'énergie est l'un des quatre concepts prédéfinis de la physique, avec la matière, l'espace et le temps [12].

Selon Depecker, le concept de l'énergie peut s'introduire dans l'architecture à travers deux thèmes principaux :

* le coût énergétique « initial » de l'ouvrage se forme à partir du coût énergétique des matériaux utilisés, et du coût de la construction ;

* le coût énergétique « vécu » de l'ouvrage qui correspond à la consommation en chauffageou climatisation, éclairage et alimentation. Ceci est démontré dans la Fig.1 ci-après:

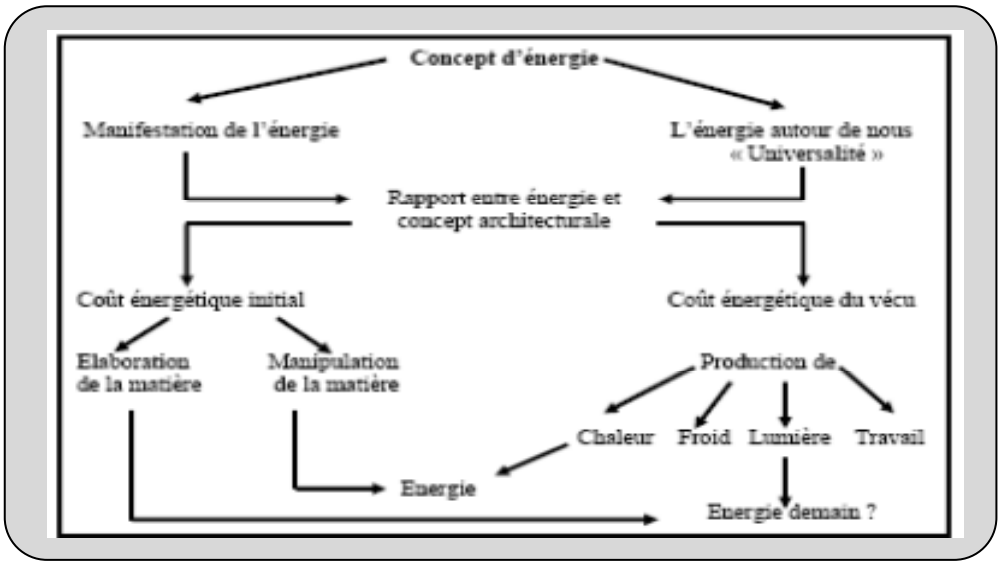


Fig.1: Organisation des contenus sur le thème de l'énergie (Source: P. Depecker, 1985)

Le besoin de l'énergie en chaleur dans les bâtiments se traduit par une demande d'électricité, du fuel-oil ou de gaz. Selon B.Chateau et B. Lapillonne cette demande peut être schématisée ainsi Fig. 2:

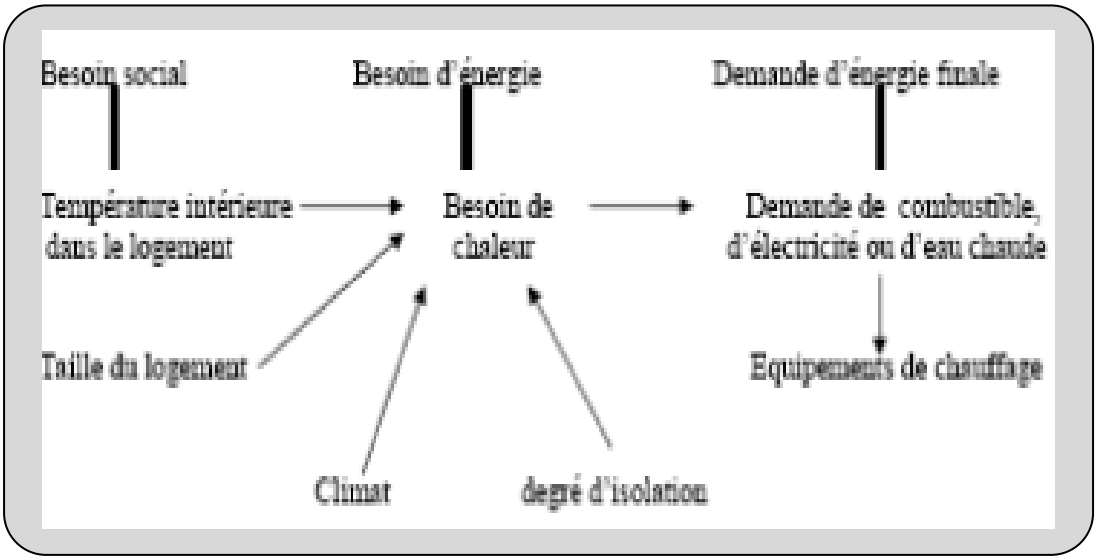


Fig. 2: Demande de l'énergie finale dans le cas du chauffage domestique

(Source : B.Chateau et B. Lapillonne, 1977)

I - 2 - Contexte énergétique mondial :

Le XXème siècle aura, sans doute, été celui de la prise de conscience planétaire, notamment des limites des capacités de la Terre. Ainsi, l'humanité a « inventé » la notion de développement durable. En 1987, le rapport Brundtland (Commission sur l'environnement et le développement de l'ONU) l'a défini de la façon suivante [13] :

« *Satisfaire les besoins actuels, sans compromettrela capacité des générations futures à satisfaire les leurs*». La notion d'Empreinte Ecologique Mondiale, proposée par le WWF (World Wide Fund For Nature), permet de quantifier, de façon encore imparfaite, l'impact des activités humaines sur l'écosystème. Il s'agit de la surface terrestre exploitée ou « consommée » pour satisfaire à différentes activités humaines. Le rapport du WWF pour l'année 2010 confirme que les ressources naturelles consommées par l'humanité sont plus de 20% supérieures à celles que la terre peut produire pour une période donnée et que la demande de l'homme sur la biosphère a plus que doublé entre 1971 et 2007 .

Si on analyse la consommation énergétique primaire mondiale depuis 1971, on remarque qu'elle n'a cessé de croître de manière quasiment exponentielle (Figure 3). Selon le rapport de l'International Energy Outlook 2011, l'ordre de grandeur de la consommation d'énergie primaire en 2009 dans le monde est de 12150Mtoe[3] (141,30410[12]kWh). L'énergie non renouvelable représente 89,8% de la consommation totale. Le pétrole représente la plus grande partie (32,8%), suivi du charbon (27,2%), puis du gaz naturel (20,9%) et enfin du nucléaire (5,8%). La consommation énergétique humaine conduit non seulement à l'épuisement de précieuses ressources naturelles mais aussi à d'importants phénomènes de pollution dont les rejets de gaz à effet de serre (Figure. 4). Les ressources énergétiques en voie de disparition, ce sont des ressources énergétiques non renouvelables qui ont servi au développement de la civilisation industrielle actuelle. Les combustibles fossiles et l'uranium sont en effet en quantités limitées dans notre environnement et, de façon complètement découplée des pollutions qu'ils génèrent, l'échéance de leur épuisement approche. La flambée des coûts, déjà amorcée et qui va sans doute s'amplifier, conduira à changer de ressources pour se tourner vers des ressources moins conventionnelles : celles d'origine renouvelable [14].

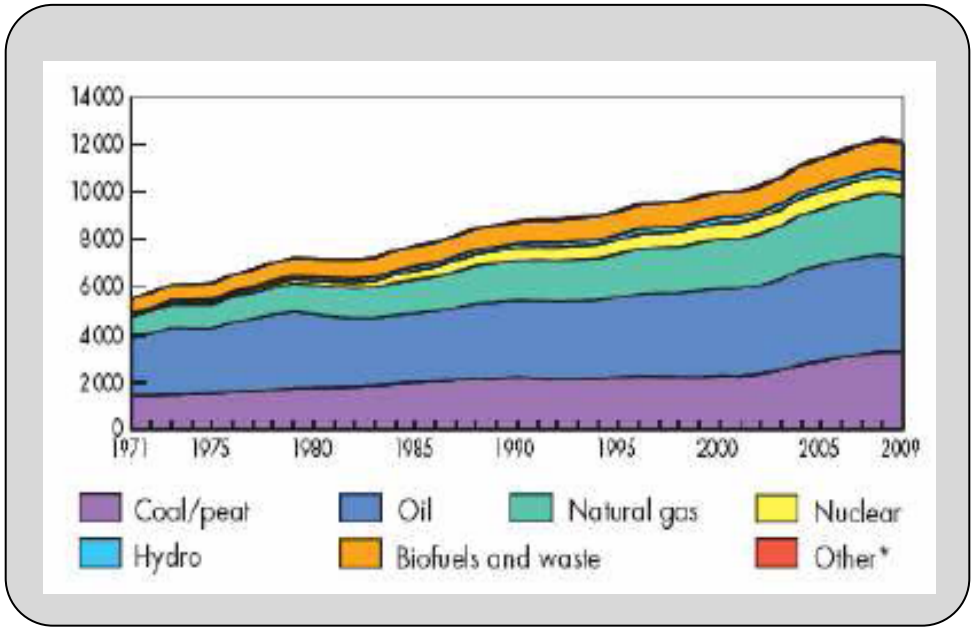


Fig. 3 : Evaluation de la consommation d'énergie primaire totale finale mondiale(en million de tep) par source. Source: Key Word Energie Statistics ,IEA-2010

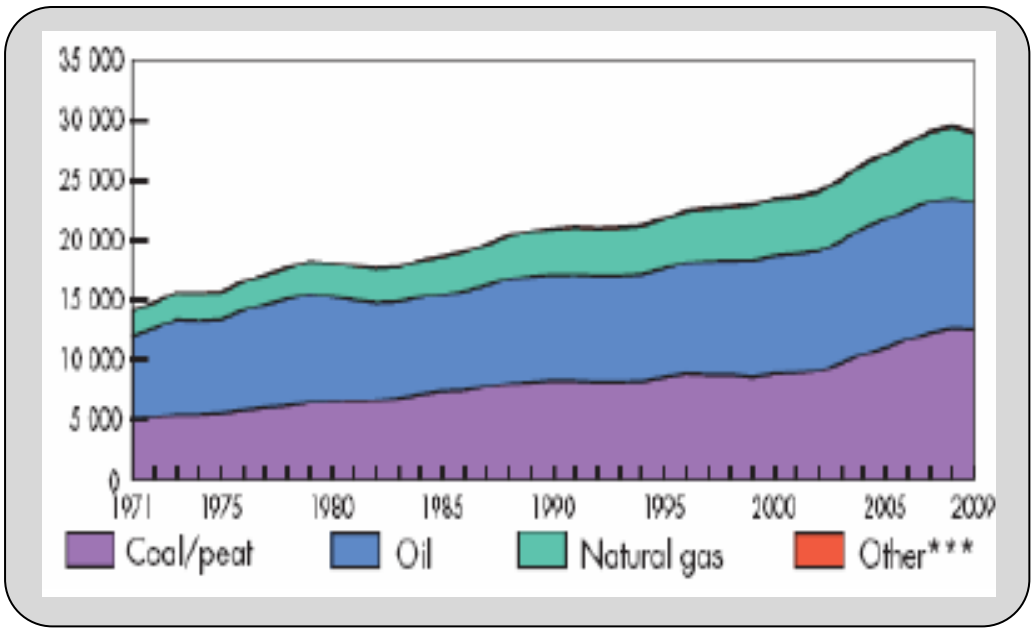


Fig. 4 : Evaluation des émissions de CO_2 par type de combustible (millions de T de CO_2) Source : Key Word Energie Statistics,IEA-2010

I - 3 - Contexte énergétique Algérien :

L'Algérie, pays producteur et exportateur de pétrole et de gaz a connu une nouvelle politique nationale des hydrocarbures. L'état a permis le financement d'un vaste programme industriel, social et économique [15], (de 8.3 MTEP en 1976, soit 50.49 TEP par habitant, à 25.3 MTEP en 1995, soit 0.89 TEP par habitant).

La forte demande actuelle de consommation énergétique en Algérie est due principalement à l'augmentation du niveau de vie de la population et du confort qui en découle, ainsi qu'à la croissance des activités industrielles. Elle nous interpelle sur la nécessité d'une nouvelle politique énergétique ainsi que de nouveaux comportements des usagers.

Longtemps considéré comme marginale, la consommation nationale d'énergie a pratiquement quintuplé entre 1970 et 1999 passant de 5 millions de tep (tonne équivalent pétrole) à 30 millions de tep.

Les prévisions énergétiques établies à l'horizon 2020 montrent que la production d'énergie primaire suffirait à peine à couvrir la demande nationale et les engagements en matière d'exportation.

En effet, durant la saison estivale 2003, l'économie nationale et la collectivité ont subi de sérieuses perturbations en alimentation en énergie. Ces perturbations ont amené le gouvernement à prendre des mesures pour réduire la demande en énergie [16].

Durant ces dernières années, la consommation de l'électricité en Algérie a été en forte progression, notamment dans le secteur résidentiel, à cause de la croissance démographique élevée, l'amélioration du niveau de vie, et le phénomène de l'urbanisation qui est de plus en plus important. Cette tendance est appelée à se poursuivre pour les années à venir, ce qui conduira à de fortes contraintes technico économiques, en terme d'infrastructures de production et de développement de réseaux de distribution électrique (Ministère de l'énergie, Algérie). Les relations entre les constructions et leur environnement climatique, en ce qui concerne l'impact des échanges thermiques, ont été particulièrement négligées en Algérie.[17]

Mais, en raison de la crise de l'énergie, elles sont devenues un des principaux sujets de préoccupation des chercheurs dans le domaine de la construction.

Il faudra aussi inciter la population, dans son ensemble, à utiliser des équipements énergétiquement performants (éclairage, appareils de chauffage et de climatisation) et, surtout, veiller à la bonne étude et réalisation des bâtiments selon les normes [18].Pour cela un programme a été installé par l'agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE), qui a pour but de redéfinir le modèle national de consommation d'énergie et a pour missions :

Le recensement de la consommation d'énergie et son analyse, secteur par secteur tant à l'heure actuelle que dans leurs perspectives d'évolution. L'identification des foyers de gaspillages d'énergie. L'évaluation des gains possibles à réaliser dans chaque secteur et les financements nécessaires. La définition des moyennes pratiques pour la rationalisation de l'utilisation de l'énergie.

L'élaboration d'un plan de communication et mise en œuvre d'actions de sensibilisation[19].

Le secteur d'énergie fonctionne dans son ensemble avec un ratio de l'utilisation des capacités qui fluctuent entre 90% et 99% dans les dernières années. Le niveau maximal est enregistré surtout dans le système de raffinerie, c'est à dire les produits du pétrole ou les combustibles qui occupent la grande partie dans la consommation nationale [20].

Les relations de la construction avec l'environnement, en ce qui concerne l'impact des échanges thermiques entre le climat et les ambiances intérieures aux constructions ont été particulièrement négligées en Algérie, mais il est devenu en raison de la crise de l'énergie un des principaux thèmes dans le domaine de la construction.

Aujourd'hui, le comportement des bâtiments du point de vue thermique en corrélation avec le climat et les conditions économiques, fait l'objet de nombreuses études et recherches dans tous les pays, mais elles ne sont pas axées sur un climat pareil au climat Algérien.

Par ailleurs, le système de consommation avec ses différentes composantes, l'industrie, le tertiaire, le résidentiel et le transport continuent à enregistrer des niveaux de fonctionnement plutôt modestes. Le taux d'utilisation des capacitésdans l'industrie ne dépasse pas 44%, le taux d'équipement des ménages a atteint 70%, la part du secteur de transport dans le PIB10 ne dépasse pas les 14% et la part du secteur des services (tertiaire) ne dépasse pas quant à elle les 32% pour l'année 1999 [21].

Par conséquent, la stratégie du développement socio-économique entamée impliquera à court terme, une forte croissance de la demande en énergie et des besoins de financement d'où la nécessité d'une réorganisation du système de consommation, d'une bonne gestion de la consommation et d'une manière générale, d'une stratégie nationale de maîtrise d'énergie.

On assiste depuis des années à une modification sensible de la structure par produit de la consommation finale en Algérie, les produits pétroliers restent le principal vecteur énergétique. Par contre, l'utilisation de l'électricité et du gaz naturel progresse et se substitue petit à petit au pétrole. Si l'augmentation générale de la consommation finale se rapproche à un taux élevé, cela cache de fortes disparités. Le secteur résidentiel apparaît donc bien comme une cible prioritaire pour la maîtrise de l'énergie.

La recherche et le développement des programmes informatiques en raison de la crise d'énergie avaient pour objectif d'optimiser efficacement l'utilisation de l'énergie dans le chauffage du bâtiment. La meilleure manière de réduire la consommation d'énergie dans les constructions est la conception d'une bonne enveloppe. Mais ceci, doit se faire dans le cadre d'une politique de réglementations thermiques afin de mieux conserver l'énergie, l'environnement, et surtout le confort des personnes. La responsabilité de l'architecte est non seulement la conception des espaces mais surtout le contrôle de l'ambiance intérieure thermique c'est-à-dire le confort [22].

I - 4 - La consommation énergétique en Algérie :

L'Algérie, possède d'important gisement en pétrole et en gaz, décide de nationaliser son secteur pétrolier ainsi que la maîtrise et le contrôle des ressources pétrolières et gazières en février 1971.

Le gaz naturel qui constitue 60% de ses réserves en énergie fossile, alimente à hauteur de 30% de ses revenues en devises [23].D'où la nécessité d'uneréglementation de maîtrise de l'énergie s'impose en faisant valoir les arguments suivants:

_ La préservation des ressources énergétiques conventionnelles ;

_ La réduction des coûts des investissements énergétiques, notamment en matière de chauffage et de climatisation ;

_ La réduction de l'impact des énergies fossiles sur l'environnement.

En 1995, la consommation nationale d'énergie a été de 25,3 MTep avec une pénétration plus grande des produits gazeux, plus disponible dans le bilan des ressources. Concernant la consommation finale, c'est le secteur résidentiel et tertiaire (45,7%) qui domine, suivi des secteurs de transports (27,8%) et de l'industriel BTP (26,8%). La part de consommation finale représente prés de 62% de la consommation nationale [24].

Les différents types d'énergie dans le secteur résidentiel nous servent globalement à quatre différents usages:

- le chauffage représente la plus forte consommation environ 60% de l'énergie domestique.

- l'éclairage et l'électroménager, l'audio visuel et la climatisation représentent près de 20%.
- l'eau chaude sanitaire nécessaire représente près de 15%.
- la cuisson représente près de 5%.

Notant que le niveau de consommation d'énergie finale par habitant est de 0.48 Tep en 1990 et qui passera d'après les perspectives à 1.35 Tep en 2010 et 1.88 Tep en 2020.17 La Fig.5- ci-dessous illustre l'évolution annuelle considérable de la consommation des produits pétroliers, du gaz naturel et de l'électricité dans le secteur ménager d'après desdonnées présentées par le ministère d'énergie [25].

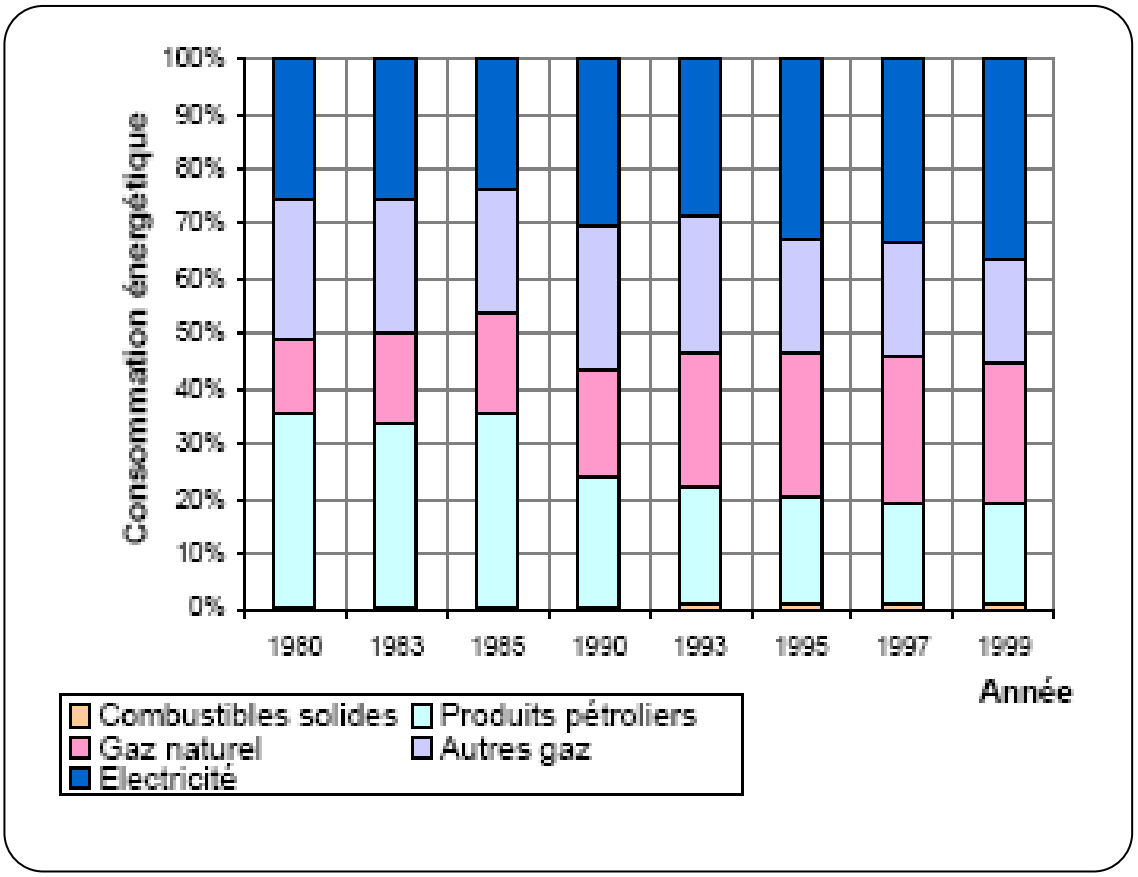


Fig. 5 : Consommation énergétiques en Algérie dans le secteur ménager.
(Source : DGE, 2000, réadapté par Medjelekh D. 2006)

I - 5 - Consommation de gaz naturel en Algérie :

Selon Medjelekh D. et all (2006) la consommation de gaz naturel par habitant a démarré en 1961 au rythme de 156 millions de m^3, atteindront 1.4 milliard de m^3 en l'an 2000.Le tableau I-1 illustre l'évolution de la consommation du gaz de 1983à 1999.

Tab. 1 : Consommation de Gaz naturel et nombre de villesalimentées.

	Unités	1983	1985	1987	1990	1993	1995	1999
Consommation Par habitant	Millier de tonnes	1020	1210	1369	1552	723	1541	1662
Nombre des villes alimentées	°	22	50	80	150	-	-	-

(Source :Ch.E.Chitour,1994 d'après Boutarfa,DGE,2000. in Medjelekh D. 2006*)*

I - 6 – La consommation des énergies en gaz et en électricité dans le secteur résidentiel à Skikda :

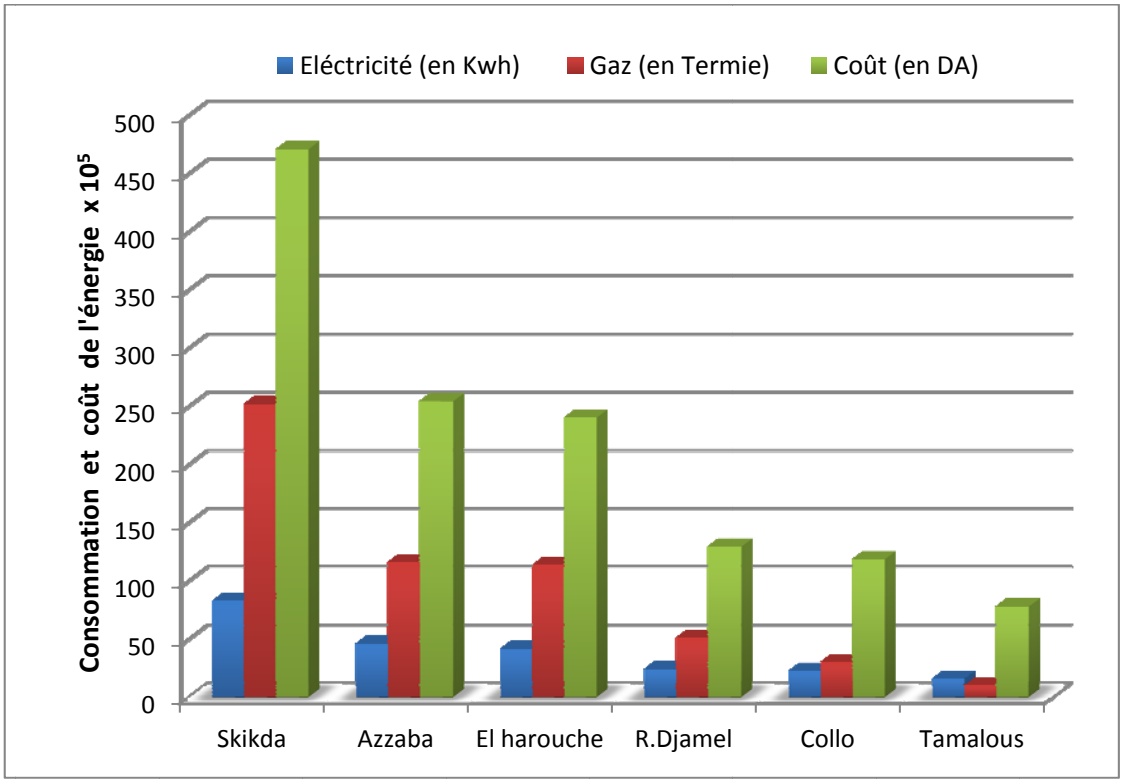


Fig.6 : La consommation énergétique à Skikda pour le mois de Janvier 2010.
(Source : Sonelgaz Skikda adapté par l'auteur)

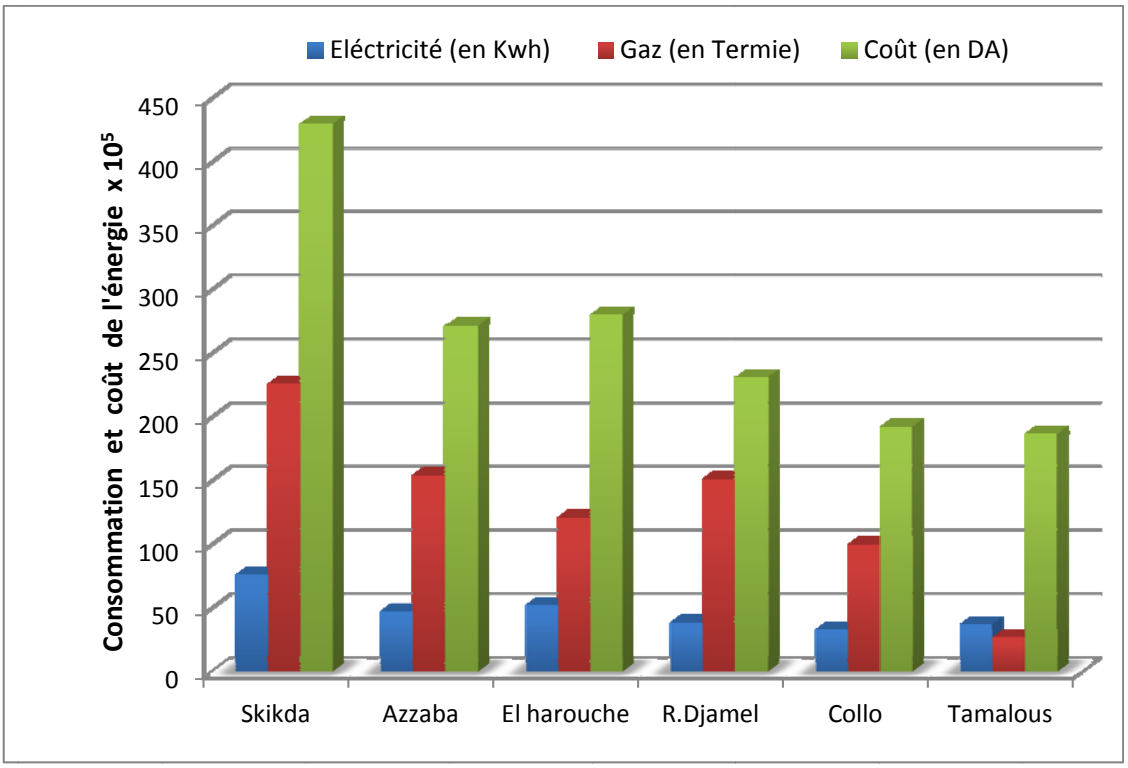


Fig.7 : La consommation énergétique à Skikda pour le mois de Févier 2010.
(Source : Sonelgaz Skikda adapté par l'auteur)

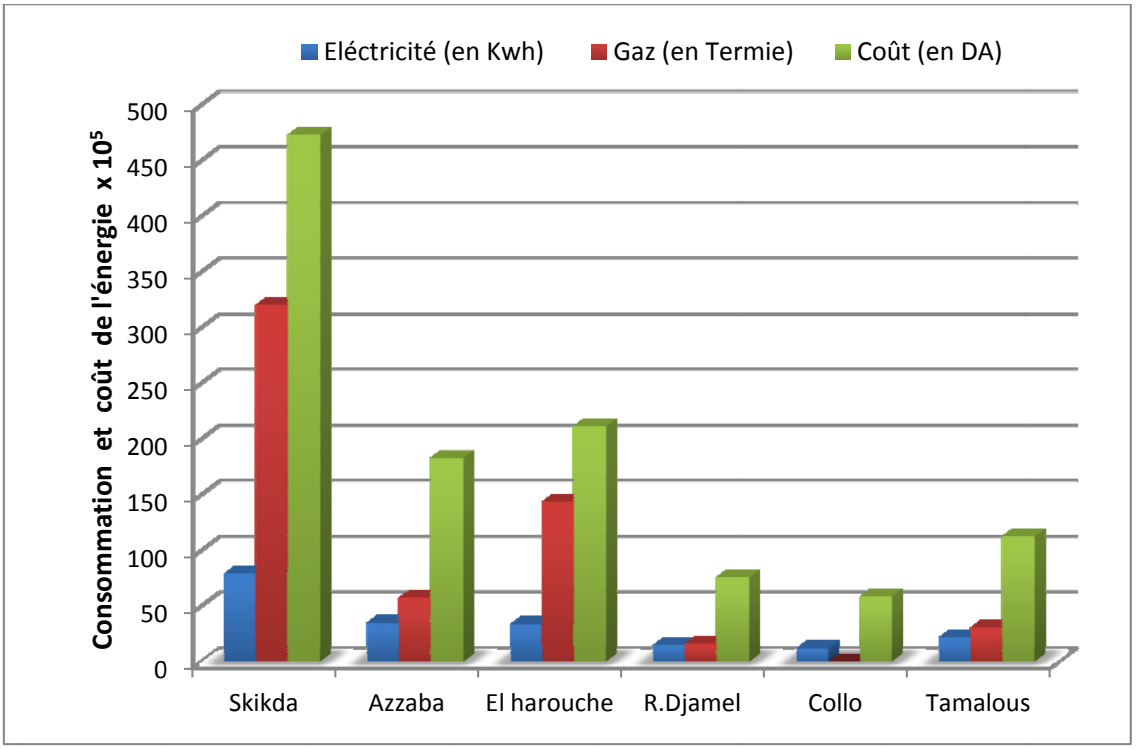


Fig.8 : La consommation énergétique à Skikda pour le mois de mars 2010.
(Source : Sonelgaz Skikda adapté par l'auteur)

I - 7 - Conclusion :

D'une simple analyse des consommations énergétiques en gaz et en électricité. Dans le secteur résidentiel pour les régions (Skikda, Azzaba, El Harrouch, Ramdane Djamel, Collo et Tamalous) de la willaya de Skikda, pendant les trois premiers mois de l'année 2010, on a déduit que la consommation d'énergie des abonnées de Skikda en électricité et gaz est plus élevée par rapport aux autres communes citées, ceci est du à la densité de la population et le niveau de vie qui sont plus ou moins élevés.

Chapitre II :

Thermique du bâtiment.

II -1- Introduction :

Le bâtiment est un ensemble complexe dont les éléments (enveloppe, cloisons, installations techniques, usager) interagissent entre eux et le milieu extérieur. De ce fait il est nécessaire de considérer le bâtiment comme un tout. Il est notamment risqué, si ce n'est dangereux d'en étudier qu'une partie ou qu'un aspect et négliger l'interaction de cette partie avec le reste du bâtiment ou sans rester attentif aux autres aspects du problème.

À titre d'exemple une correction d'étanchéité d'un toit d'un bâtiment peut constituer aussi une isolation thermique qui elle-même peut apporter un risque de condensation. Cette condensation peut amener des moisissures qui ont une odeur désagréable et peuvent causer des allergies. Comme cette correction peut aussi modifier l'éclairage, ou une autre ambiance qui change la sensation du bien-être chez l'habitant.

Alors, il est nécessaire d'ajouter aux connaissances physiques de base des connaissances concernant le bâtiment : fonctionnement du bâtiment, techniques de construction, les données météorologiques, matériaux de construction, confort, etc. La physique du bâtiment est un art largement interdisciplinaire.

La gestion de l'énergie, qui était oubliée entre 1950 et 1973 a amené une contrainte de plus dans la conception du bâtiment cette forte contrainte a rendu le problème traité par la physique du bâtiment plus aigus, moins facile à résoudre. Ainsi, les connaissances nécessaires pour résoudre ces problèmes de façon convenable forment un ensemble que l'on peut appeler :[26] «*Energétique du bâtiment*».

II- 2- Les éléments météorologiques et climatologie :

II -2-1- L'air :

L'air est un fluide gazeux composé, constituant l'atmosphère terrestre, lorsqu'il est pur débarrassé de vapeur d'eau et du gaz carbonique a une composition remarquablement constante en volume : 78,09 % d'azote, 20,95 % d'oxygène, 0,93 % d'argon, 0,0018 % de néon, 0,000524 % d'hélium, etc. La teneur de l'air en vapeur d'eau varie selon son état hygrométrique, ou humidité relative. Sa teneur en dioxyde de carbone (ou gaz carbonique) est d'environ 0,03 % [27].

II - 2 -2- Le gaz carbonique :

Le gaz carbonique est principalement produit par la combustion des matières organiques : appelé aussi le CO_2, également dioxyde de carbone, est une molécule chimique composée d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène.

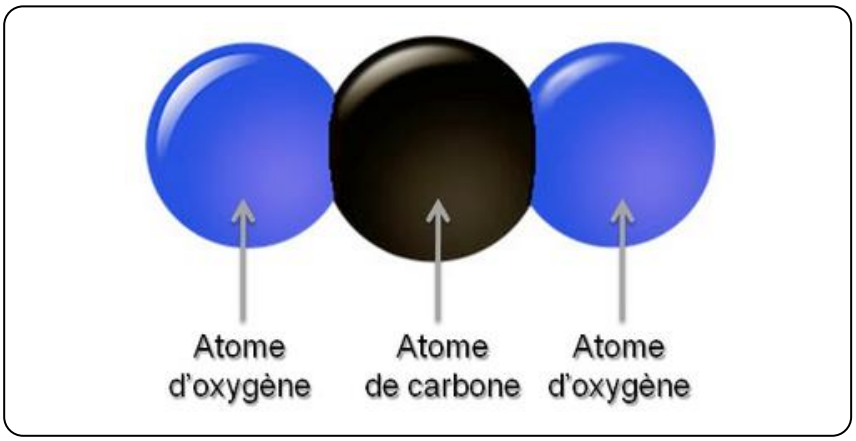


Fig. 9:composition d'une molécule du gaz carbonique.

Le CO_2 est incolore,inodore, dense et très stable. Le CO_2 est un gaz à effet de serre (GES) que l'on retrouve en proportion d'environ 0,03% dans l'atmosphère. Un GES peut être défini comme "un gaz présent dans l'atmosphère, d'origine naturelle ou anthropique, qui absorbe et renvoie les rayons infrarouges en provenance de la surface terrestre"[28].

Le dosage admissible pour l'homme est de 5000 ppm, la teneur actuelle est donc nettement inférieure. Cependant l'effet de l'augmentation de la consommation en CO_2 peut être catastrophique pour d'autres raisons. Ce gaz absorbe le rayonnement infrarouge thermique de la surface terrestre vers l'espace. Ceci induit un effet de serre qui permet à la surface terrestre d'avoir une température moyenne de 15°C, alors que la température apparente de la terre vue de l'espace est de -18°C [29].

Une augmentation de la concentration en CO_2 augmente donc la température de la surface de la terre. La complexité du cycle de carbone rend les prédictions difficiles. Il est cependant admis qu'un doublement de la concentration en gaz carbonique pourrait entraîner une augmentation de température de 1.5 à 3K, ce qui est suffisant, à long

terme pour changer les climats et faire fondre partiellement les calottes polaires, qui provoquent une montée du niveau des océans de plusieurs mètres [30].

II - 2 - 3-La vapeur d'eau :

Dans l'atmosphère l'eau peut se présenter sous trois formes :

- Vapeur d'eau transparente
- Gouttelettes en suspension (brumes, brouillard, nuages bas,pluies),
- Cristaux de glace (nuage élevé, neige, glace),

L'humidité de l'air a une influence sur le confort. Elle est liée aux risques de condensation dans le bâtiment et a un effet sur le bilan énergétique par l'intermédiaire du renouvellement d'air.L'humidité de l'air peut s'exprimer de plusieurs manières : en volume et en poids[31].

La vapeur d'eau se produit par l'évaporation des eaux des mers, océans et lacs ainsi que par l'évapotranspiration. Au cours de ce processus, la vapeur d'eau est libérée via les feuilles des plantes, la respiration des animaux et des hommes ainsi que l'évaporation des eaux souterraines. Bien que l'atmosphère contienne peu de vapeur d'eau, elle exerce un effet important sur la météo et le climat. La capacité de l'air à contenir de l'eau dépend de la température. Plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'eau[32].

Lorsque l'air humide refroidit brusquement, il peut retenir moins d'eau et la vapeur d'eau qu'il contient va se condenser et se transformer en pluie (ou neige, grêle, rosée, brouillard…). Aussi la vapeur d'eau est aussi un important gaz à effet de serre. L'augmentation de CO_2 provoque le réchauffement de l'atmosphère, de sorte que plus d'humidité peut être absorbée (l'air chaud peut contenir plus d'eau que l'air froid). Ainsi, l'atmosphère peut continuer de se réchauffer. Autrement dit, une augmentation de la température augmente la capacité de l'atmosphère à retenir la vapeur d'eau et une concentration accrue de vapeur d'eau absorbe plus de chaleur.Ceci contribue à son tour à une nouvelle augmentation de la température.

En outre, la vapeur d'eau (effet albédo) sous la forme des nuages reflète une partie des rayons du soleil durant le jour, de sorte que la température est tempérée. Il

s'agit ici d'une rétroaction négative. La vapeur d'eau joue donc un rôle important dans les mécanismes de rétroaction tant positive que négative. Des nuages hauts et minces retiennent plus de chaleur qu'ils ne réfléchissent la lumière, tandis que les nuages bas et épais font l'inverse. Étant donné que la vapeur d'eau a aussi bien des effets positifs que négatifs sur le réchauffement du climat, ce facteur complique les prévisions quant au futur de notre climat [33].

II - 3 - L'atmosphère :

C'est la plus basse couche de l'atmosphère ; elle s'étend de la surface terrestre jusqu'à une limite appelée tropopause, qui la sépare de la stratosphère. La tropopause où se situe la première cassure du profil thermique, est située en moyenne à 10 km d'altitude, variable avec la latitude et la saison.

II - 3 -1 - La composition de l'atmosphère :

L'air atmosphérique est constitué de molécules de gaz qui sont retenues piégées autour de la Terre par le champ gravitationnel. Sa composition a évolué lentement depuis la formation de la Terre et le taux d'oxygène actuel n'est atteint que depuis 500 millions d'années (fin du cambrien). Cette composition de l'atmosphère continue d'évoluer, à un rythme très élevé aujourd'hui, sous les effets anthropiques (effets dus à l'intervention humaine). Mais à l'échelle de la météorologie opérationnelle, la composition chimique moyenne de l'atmosphère terrestre peut être considérée comme stable[34].

Cet air que nous respirons est considéré comme un mélange d'air sec et de vapeur d'eau. L'air sec est lui-même un mélange de plusieurs gaz dont les plus importants (99,97 % de l'air sec) sont dans des proportions quasi uniformes jusqu'à environ 100 km d'altitude : ce sont les gaz dits « permanents ». Les autres gaz présents dans l'air sec sont représentés dans des proportions très inférieures et variables dans l'atmosphère : ils constituent avec la vapeur d'eau les gaz dits « variables » [35].

II- 3 -2 - Composition de l'air atmosphérique :

Tab. 2 : Composition de l'air atmosphérique.

			Gaz constituants		Concentration volumique (% par volume d'air sec)
Gaz permanents	Gaz principaux	Air sec	Azote	N_2	78,09
			Oxygène	O_2	20,95
			Argon	A	0,93
			Anhydride carbonique	CO_2	0,035
Gaz variables	Gaz traces		Néon	Ne	$1,8 . 10^{-3}$
			Hélium	He	$5,24 . 10^{-4}$
			Méthane	CH_4	$1,7 . 10^{-4}$
			Krypton	Kr	$1,0 . 10^{-4}$
			Hydrogène	H_2	$5,0 . 10^{-5}$
			Xénon	Xe	$8,0 . 10^{-6}$
			Ozone	O_3	$1,0 . 10^{-6}$
			Oxyde nitreux	N_2O	$3,1 . 10^{-8}$
			Radon	Rn	$6,0 . 10^{-18}$
	Vapeur d'eau			H_2O	0 à 4

(Source : http//: www. Cliamtechanllenge.be).

Cette homogénéisation des gaz « permanents » dans les 100 premiers kilomètres résulte d'équilibres entretenus par les mouvements atmosphériques. La vapeur d'eau fait l'objet d'une étude séparée des autres constituants de l'atmosphère parce qu'elle est présente dans des proportions très variables, surtout située dans les premiers kilomètres au-dessus de la surface, et peut, selon les conditions de température et de pression, se retrouver sous forme gazeuse, liquide ou solide. Dans l'air humide, la vapeur d'eau est donc séparée de l'air sec [36].

II - 4 - La structure verticale de l'atmosphère :

Les caractéristiques atmosphériques varient depuis la surface de la terre vers le haut. La pression de l'air et le nombre des molécules de gaz diminuent, alors que la température varie selon l'altitude [37].

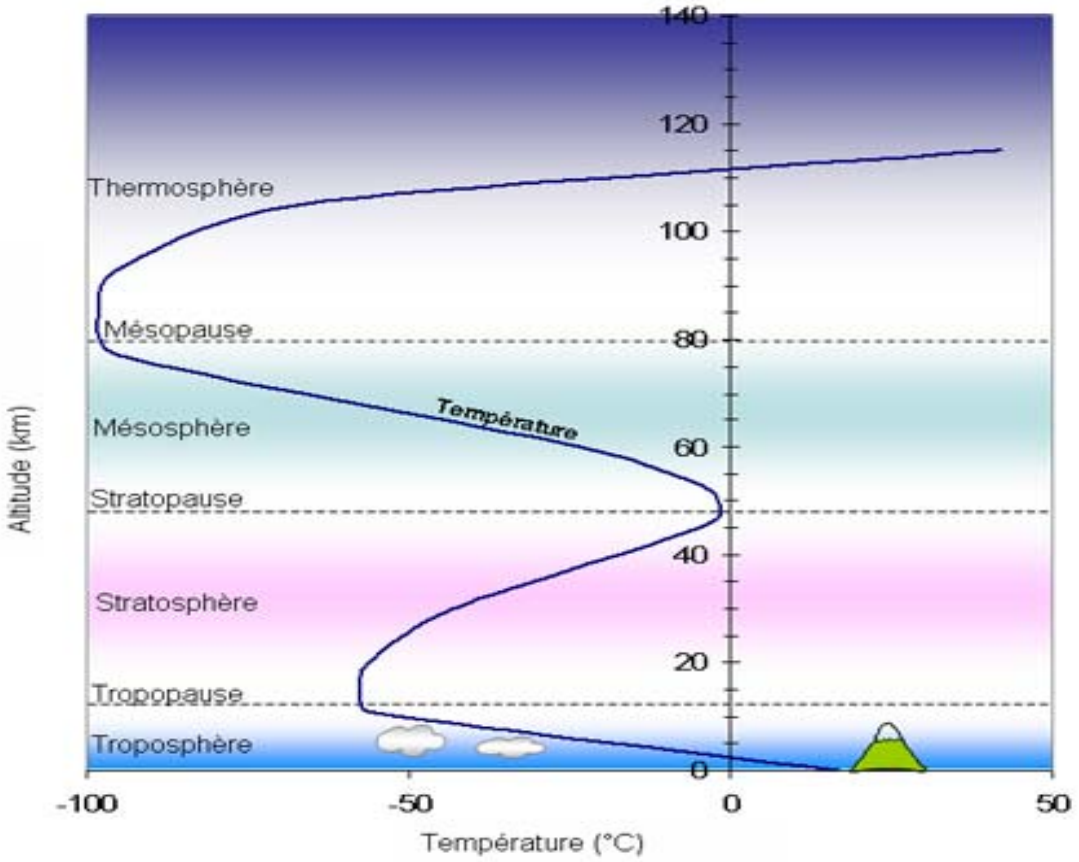


Fig. 10: Représentation schématique du profil vertical moyen de température dans *l'atmosphère (Source : Nicolas H., document pour l'UVED).*

II - 5 - Le rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire est le processus par lequel l'énergie se propage dans le vide ou dans un milieu matériel, cette énergie produite par les combustions et les réactions thermonucléaires qui se développent à la surface du soleil et rayonnée en permanence dans l'espace sous forme d'ondes électromagnétiques dans un spectre très étalé .Une énergie considérée inépuisable et renouvelable**.**Ce rayonnement (spectre)est principalement composé en trois sortes de rayons: les rayons ultraviolets qui font bronzer (UV),la lumière visible et les rayons infrarouges qui réchauffent(IR).

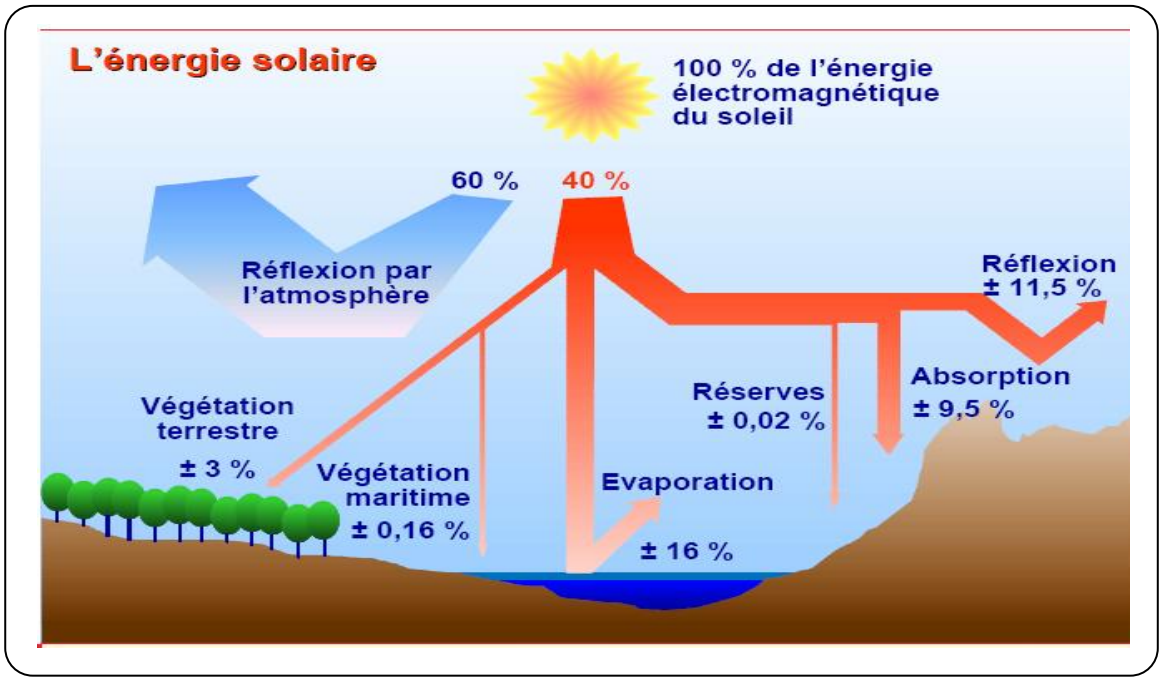


Fig. 11: Ce que reçoit la terre du soleil.

(*Source : De Herd et Liébard 2005*).

La densité de flux d'énergie à la surface apparente du soleil est de 64 MW (million de Watts) par mètre carré. Cette densité diminue en fonction directe du carré de la distance. Ainsi, aux confins de l'atmosphère (donc à 150 million de km du soleil), la densité de flux totale vaut en moyenne 1367 W/m², essentiellement reçu dans la bande de 0.3 micron (ultraviolet) à 2.5 micron (infrarouge proche). L'intensité maximale se trouve à 0.55 micron, correspondant à la couleur verte [38].

L'absorption et la diffusion atmosphérique a pour effet de diminuer cette intensité d'une manière générale dans toutes les longueurs d'onde et plus fortement dans certaines bandes d'absorption moléculaires des composants de l'air. La figure suivante montre le spectre du rayonnement solaire en dehors de l'atmosphère et au niveau de la mer, par ciel sereinAu niveau du sol, le rayonnement direct, provenant en droite ligne du soleil est donc diminué en intensité et son spectre est modifié [39] De plus, une composante diffuse apparaît, provenant du ciel bleu par beau temps, et des nuages plus ou moins gris par mauvais temps. L'intensité de ces deux composantes doit être prise en compte pour le calcul des gains solaires.

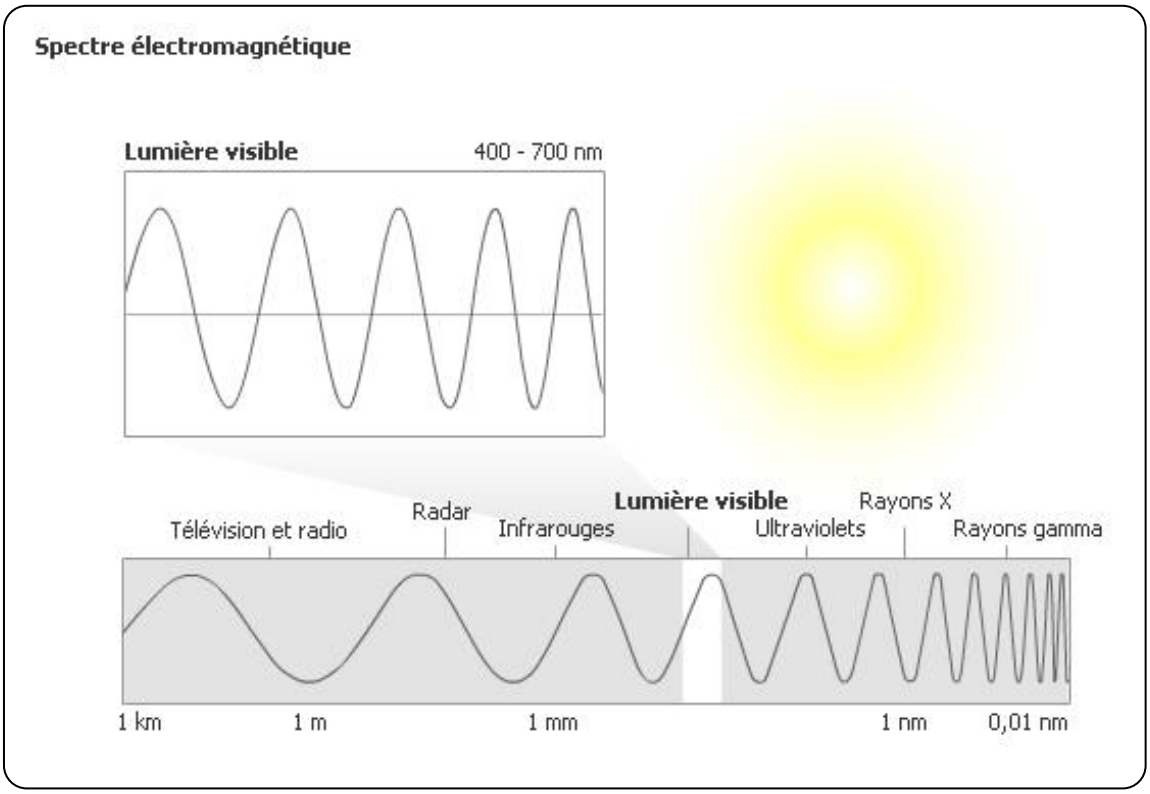
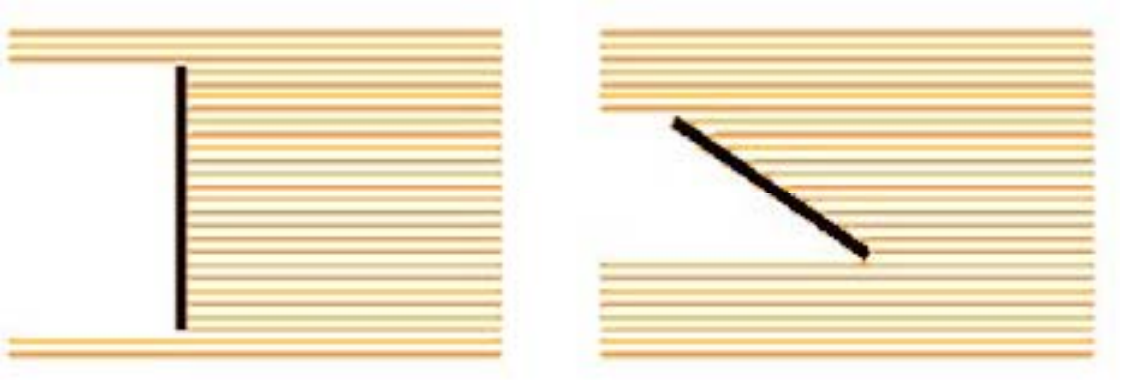


Fig. 12 : Spectre électromagnétique du rayonnement solaire.
(**Source :** Encyclopédie Encarta 2009).

Aux altitudes usuelles (proches du niveau de la mer) et dans la zone tempérée, le rayonnement global (la somme de la composante directe et de la composante diffuse) est au maximum de 1000 W/m2 sur une surface perpendiculaire au rayonnement solaire. Dans ces mêmes conditions, l'intensité du rayonnement diffus représente environ le quart ou le tiers du rayonnement global. Dans le cas de ciels couverts, il n'y a plus de composante directe, et la composante diffuse, dont la distribution est d'autant plus isotrope que le ciel est plus couvert, devient bien plus faible, par exemple de l'ordre de 100 W/m2 sur une surface horizontale pour un ciel bien couvert [40].

II - 5 - 1- Rayonnement solaire et matière :

La densité d'énergie que reçoit une surface soumise à un rayonnement direct dépend de l'angle d'incidence θ, soit l'angle que forme la normale à cette surface avec la direction des rayons incidents. Une surface perpendiculaire au rayonnement (θ = 0°) reçoit un maximum d'énergie et plus l'angle d'incidence augmente, plus la quantité d'énergie reçue diminue [41].



θ = 0° θ = 60°

Fig. 13 *:* Incidence du rayonnement solaire sur une surface

(Source : **Nicolas M et Edgard G :** « Energétique du bâtiment»)

La puissance incidente sur la surface Is [W/m2], en ne tenant compte que de la composante directe perpendiculaire du rayonnement Ib [W/m2], est égale à:

$$Is = Ib \cdot cos(\theta) \qquad \textbf{(1)}$$

θ étant l'angle d'incidence du rayonnement, soit l'angle entre la normale à la surface et lerayonnement incident.

• Avec un angle d'incidence de l'ordre de 30°, une surface intercepte encore 90% du maximum; ensuite, cette fraction diminue très rapidement.

• La quantité d'énergie interceptée dépend de la superficie de la surface d'interception.

• On ne parle ici que de l'énergie fournie par le rayonnement direct; le rayonnement diffusapporte lui aussi de l'énergie.

Lorsqu'un rayon est intercepté par une surface, il peut être réfléchi, transmis et/ou absorbé.Une surface polie (miroir) réfléchit la lumière de façon ordonnée alors qu'une surface dépolie(feuille de papier) réfléchit la lumière en la dispersant.

La couleur perçue d'un objet se compose des radiations réfléchies par sa surface. Certaines longueurs d'ondes sont réfléchies, d'autres sont absorbées par le matériau.

Le rayonnement absorbé par une surface est immédiatement transformé en chaleur. Un Morceau de charbon absorbe toutes les longueurs d'ondes et a tendance à s'échauffer car il reçoit beaucoup de chaleur. On le voit noir (= absence de radiations) puisqu'il ne réfléchit aucune onde visible. La neige réfléchit les ondes de toutes les longueurs et on la voit blanche (= toutes les ondes du spectre visible). Une cerise ne réfléchit que les ondes de la longueur d'onde correspondant au rouge (= 759.4 nm).

Certains corps n'interceptent pas les ondes visibles du rayonnement solaire; ils les transmettent: ils sont transparents. Un vitrage à verre simple transmet 85 % du rayonnement solaire.

II - 5 - 2 - Position du soleil et angles solaires

Le mouvement du soleil qu'on peut observer depuis la terre n'est qu'apparent puisqu'en fait c'est la terre qui tourne autour du soleil.

La terre subit deux mouvements simultanés :

• Un mouvement de rotation sur elle-même selon un axe incliné. La terre fait un tour sur elle-même en 24 heures (un jour).

• Un mouvement de rotation autour du soleil. La terre fait un tour en 365,25 jours (une année).

Ces mouvements provoquent les mouvements apparents du soleil:

• La rotation de la terre sur elle-même provoque un mouvement apparent du soleil de l'estvers l'ouest au cours de la journée

• La rotation de la terre autour du soleil explique qu'en été le soleil passe plus haut dans le ciel qu'en hiver.

Le schéma suivant montre la course du soleil dans le ciel d'une ville de l'hémisphère nord.

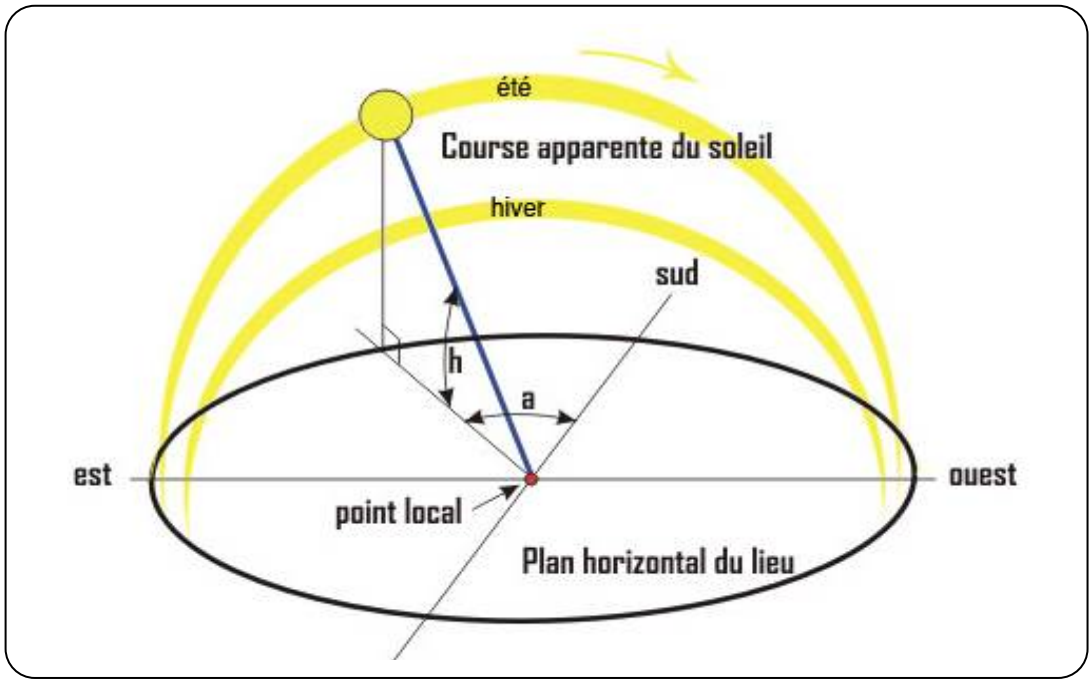


Fig. 14 : Mouvement apparent du soleil
(Source : http://www.bh-technologies.com)

L'angle compris entre le plan équatorial terrestre (perpendiculaire à l'axe de rotation de la Terre) et l'axe de rotation de la Terre autour du soleil (plan de l'écliptique) est appelé déclinaison géocentrique δ. Il varie au cours de l'année entre -23.45° et +23.45°. Sa variation peut être décrite par la relation approchée suivante:

$$\delta = 23.45° \cdot \sin((n-81) \cdot 360/365) \qquad \textbf{(2)}$$

où l'angle du sinus est exprimé en degrés, et n est le numéro du jour dans l'année.

II - 5 - 3 - ***Temps légal et temps solaire vrai***

Le temps solaire vrai est défini par le passage du Soleil au sommet de sa course à midi vrai, instant auquel il occupe exactement le sud géographique de l'observateur (dans l'hémisphère sud !). Le temps légal $H_v$et le temps solaire $H_s$sont reliés par l'équation suivante:

$$H_v[h] = H_s[h] + \Delta H + Long/15 - F \qquad \textbf{(3)}$$

où: Long = longitude [°], positive à l'est et négative à l'ouest

F = décalage entre l'heure légale dans le fuseau horaire considéré et l'heure légale au méridien de Greenwich [h], positif à l'est et négatif à l'ouest

ΔH = équation du temps [h], tenant compte de deux corrections (l'une dépendant de l'ellipticité du mouvement de la Terre autour du Soleil, l'autre de la déclinaison géocentrique), et donnée par la figure ci-dessous.

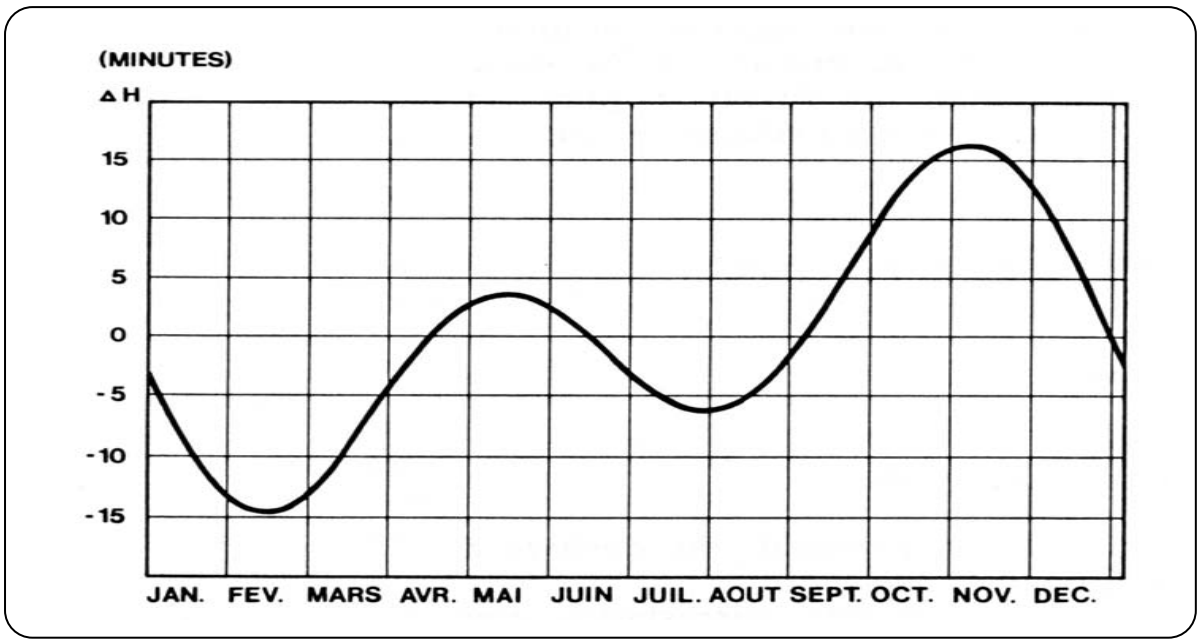


Fig. 15 : Equation du temps ΔH [minute].
(Source : http://www.michel.lalos.free.fr)

II - 5 - 4 - Angle solaire :

Les angles solaires suivants sont utilisés dans les calculs de rayonnement solaire.

L'angle horaire ω est l'angle décrit par le soleil dans son mouvement apparent, projeté sur un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la Terre. Pour midi solaire, il vaut zéro, et est négatif le matin et positif l'après-midi.

$$\omega = 15° \cdot (H_s - 12) \qquad \textbf{(4)}$$

$H_s$étant l'heure solaire par rapport au midi solaire ($H_s < 12$ le matin, $H_s > 12$ l'après-midi) L'angle zénithal θ_z est l'angle que fait la direction du soleil avec la verticale.

$$\cos \theta_z = \sin \delta \cdot \sin \phi + \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \qquad \textbf{(5)}$$

δ est la déclinaison (voir ci-dessus), ϕ la latitude du lieu (comprise entre -90 ° au pôle sud et +90 ° au pôle nord, zéro à l'équateur), et ω l'angle horaire. On utilise parfois aussi la hauteur du soleil, qui est égale à 90° - θ_z. Un angle zénithal plus grand que 90° correspond au fait que le soleil est en-dessous de l'horizon [42].

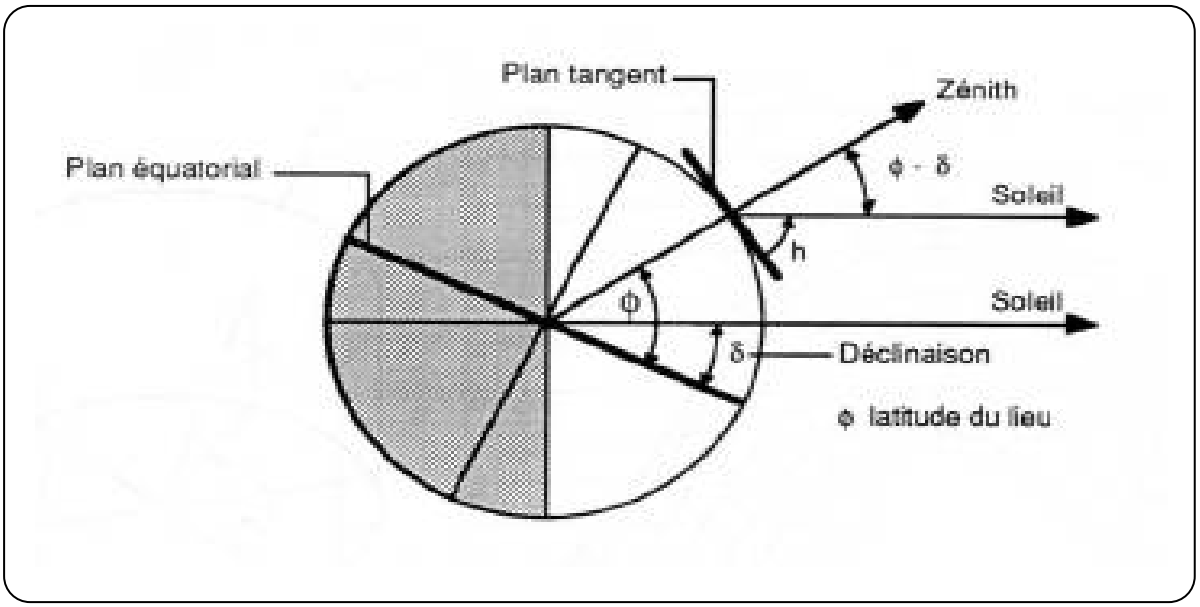


Fig. 16: Schéma montrant la relation entre la déclinaison, la latitude et la hauteur du soleil à midi solaire

(Source : **Nicolas Met Edgard G :**« Energétique du bâtiment»)

normale à un plan quelconque, d'orientation γ (angle entre la direction du sud et la projection sur un plan horizontal de la normale à la surface, zéro pour le sud, < 0 à l'est, et > 0 à l'ouest) et de pente β (angle entre la verticale et la normale à la surface, zéro pour une surface horizontale, 90° pour une surface verticale, compris entre 90° et 180° pour une surface regardant partiellement vers le sol), est donnée ci-dessous.

$$\cos\theta = \sin\delta \cdot \sin\varphi \cdot \cos\beta - \sin\delta \cdot \cos\varphi \cdot \sin\beta \cdot \cos\omega \cdot \cos\gamma + \cos\delta \cdot \cos\varphi \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\varphi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \cdot \sin\omega \quad \textbf{(6)}$$

II - 6 - Notions de chaleur et température

La notion de température est d'abord une notion subjective. Par le sens du toucher, nous constatons que certains corps sont plus ou moins chauds, c'est-à-dire que leur température est plus ou moins élevée. Pour chauffer un corps matériel, nous savons tous qu'il faut lui fournir de la chaleur. Les notions de température et de chaleur ne sont pas synonymes, comme pourrait le laisser entendre certaines expressions courantes comme « il fait chaud » ou « quelle chaleur ! »

Historiquement, ce n'est qu'au XIXesiècle que les notions de température et de chaleur ont été progressivement expliquées de manière satisfaisante au niveau microscopique [43]. En fait, la chaleur d'un corps matériel s'interprète comme étant la somme des énergies d'agitation désordonnée des molécules (ou atomes) qui le composent.

La température, ellemesure le niveau d'agitation : plus l'agitation moléculairecroît, plus la température est élevée.

II - 6 -1- Transfert de chaleur :

Les principes généraux de la transmission de la chaleur sont universels et les mêmes mécanismes se retrouvent, à différents niveaux d'importance, dans tous les échanges thermiques de l'enveloppe d'un bâtiment.

II -6 - 1- Les différents modes de transfert de la chaleur :

II - 6-1-1 - La conduction : la chaleur se transmet par contact moléculaire entre un ou plusieurs corps qui se touchent et ça sans déplacement de la matière. Il suffit de chauffer l'extrémité d'un morceau de métal pour que la chaleur se propage [44] (Fig.17).

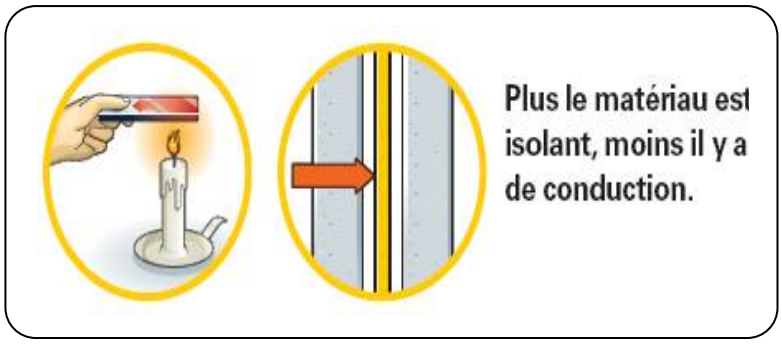


Fig.17 : Conduction thermique
(Source :**Isover**. le guide de la thermique du bâtiment).

II - 6-1-2 - La convection : c'est un mécanisme propre aux fluides.Au contact d'un corps chaud, le fluide se met en mouvement et se déplace vers le corps froid où il perd son énergie calorifique. Créant ainsi un mouvement de convection qui peut-être naturelle ou forcée [45] (Fig.18).

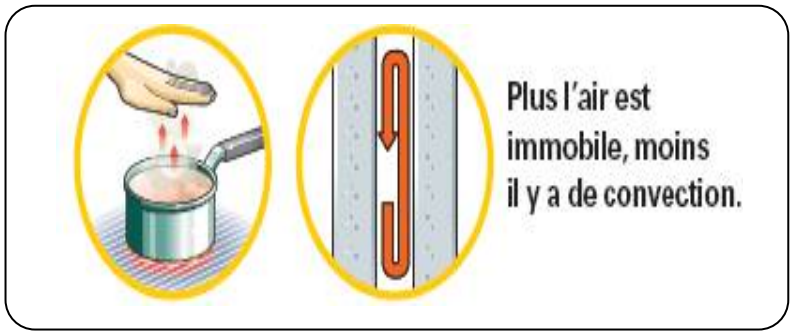


Fig.18 : Convection de chaleur.
(Source :**Isover**. le guide de la thermique du bâtiment).

II - 6-1-3 - Le rayonnement :

Toute matière absorbe et émet un rayonnement en fonction, de sa température et de son émissivité, l'échange de chaleur se faisant en fonction du vecteur de propagation (air ou vide). Letransfert de chaleur par rayonnement ne nécessite pas de vecteur de propagation[45](Fig.19).

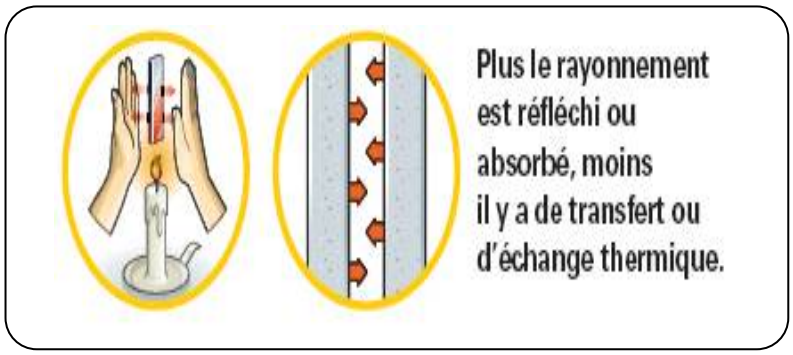


Fig.19 : Rayonnement de chaleur.
*(Source :**Isover**. le guide de la thermique du bâtiment).*

II - 6-1-4 - Fuite et flux de la chaleur :

Quand la température extérieure est de moins 5 °C et la température intérieure de 20 °C, la différence entre ces deux niveaux de température crée un phénomène physique de transfert d'énergie qui provoque la fuite de la chaleur.

Cette fuite d'énergie ou de chaleur est appelée flux de chaleur symbolisé par φ (phi). Il augmente quand l'écart de températureaugmente lui aussi. Pour une même paroi, de nature et d'épaisseur identiques, et pour un écart de température deux fois plus grand,la fuite de chaleur se traduit par un effet double. Le flux de chaleur φ est la quantité d'énergie ou de chaleur passant au traversde 1m2 de paroi pendant une seconde[46].

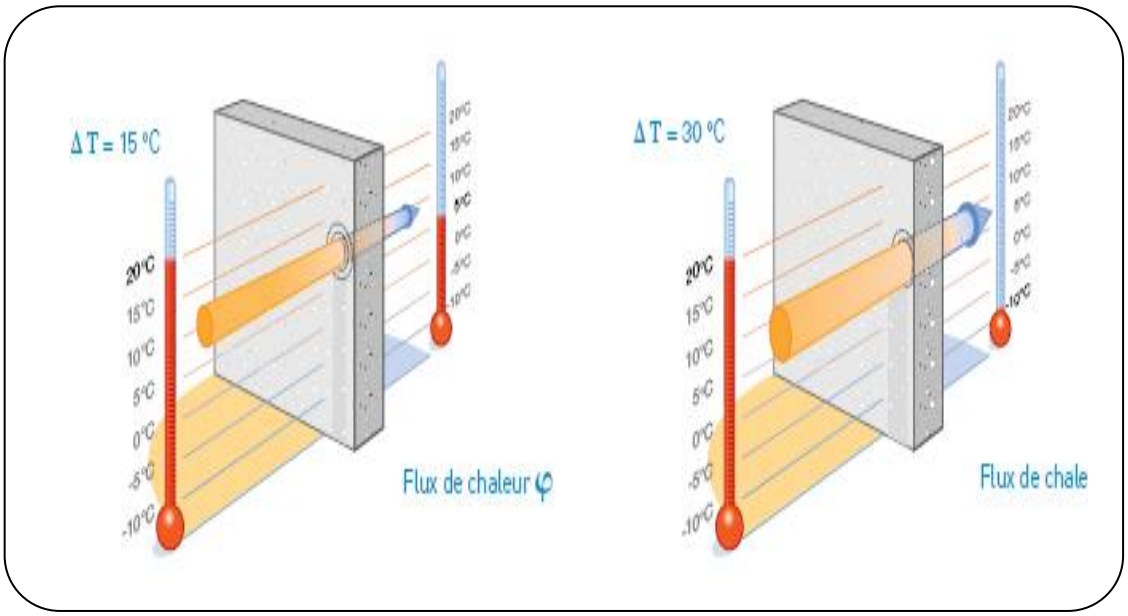


Fig.20 : Fuite et flux de chaleur.
*(Source :**Isover**. le guide de la thermique du bâtiment).*

II - 6-2 - Flux d'enregie dans le batiment :

II - 6-2-1- Migration de la vapeur et condensation :

Ce phénomènes impliquent des changements d'état liquide ou gazeux, et produisent une absorption ou une émission de chaleur.

II - 6-2-2- L'inertie thermique :

L'inertie thermique peut simplement être définie comme la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit. Cette caractéristique est très importante pour garantir un bon confort notamment en été, c'est-à-dire pour éviter les surchauffes.

Cette capacité permet de limiter les effets d'une variation "rapide" de la température extérieure sur le climat intérieur par un déphasage entre la température extérieure et la température de surface intérieure des murs et par amortissement de l'amplitude de cette variation. Un déphasage suffisant permettra par exemple que la chaleur extérieure "n'arrive" qu'en fin de journée dans l'habitat, période où il est plus facile de le rafraîchir grâce à une simple ouverture des fenêtres [47].

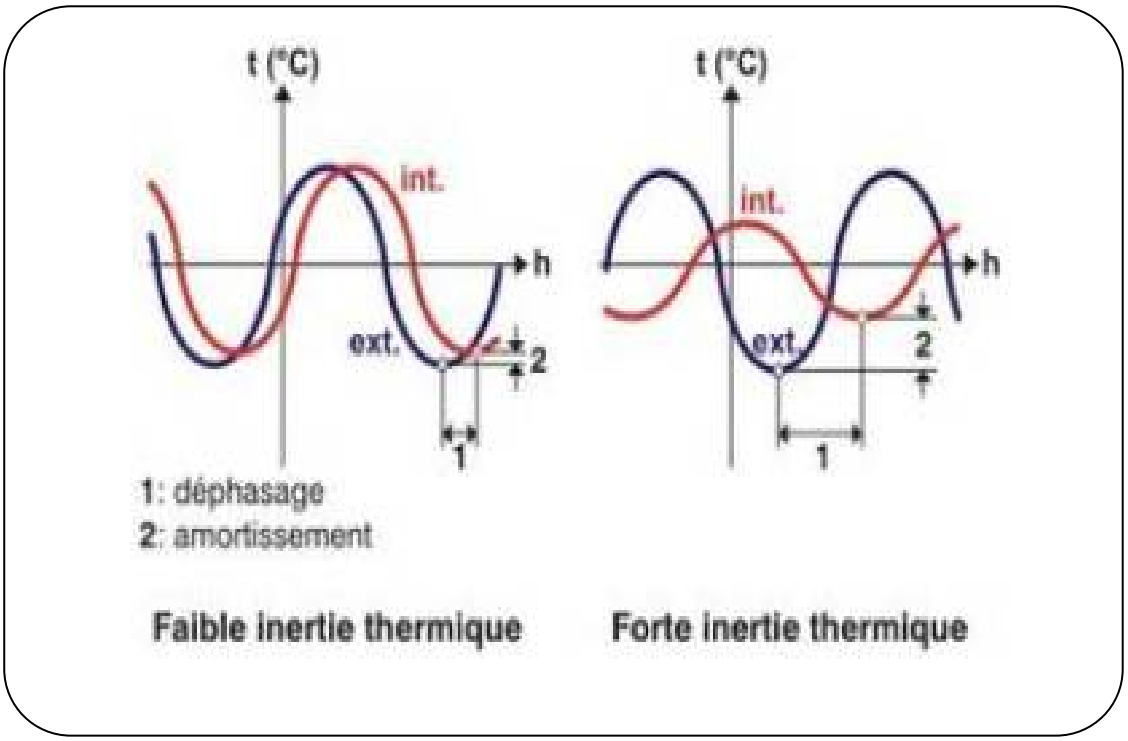


Fig.21 :L'inertie Thermique.
(Source : www.energieplus-lesite.be).

II - 6-3- Le règlement thermique :

Le règlement thermique est un ensemble de régles visants à réduire la consomation enénergie dans le bâtiment,en assurant le confort des occupants et réduire les émissions des polluants.

Depuis la mise en place d'une réglementation thermique (1974),qui impose une performance énergétique minimale,la consommation énergétique des constructions neuves a été divisée par 2. Le Grenelle Environnement prévoit de la diviser à nouveau par 3 grâce à une nouvelle réglementation thermique, dite RT 2012.

L'idée de bâtiment sans chauffage ni climatisation constitue une révolution intélectuelle chez les europeens,qui devrait tenir lieu de modèle dans la construction neuve et ce dans les années à venir.(Fig. 22).

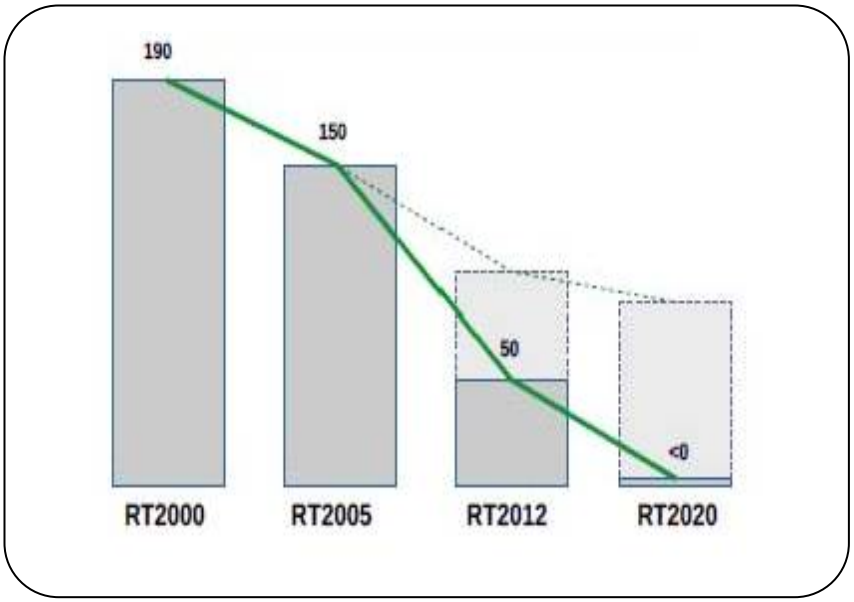


Fig. 22: Evaluation des exigences réglementaire de consommation Energétiques des bâtiments neufs.
(Source :http://www.developpement-durable.gouv.fr).

D'après les résultats des audits énergétiques gérés par l'agence nationale pour la promotion et la rationalistation de l'energie (APRUE,Algérie) relatifs aux batiments existants ont montré que la croissance des émissions des gaz à effet de serre en majeurpartie à cause de la détérioration de la qualité thermique des nouveaux et anciens bâtiments en Algérie qui est dû [48] :

- ✓ à l'orientation des ménages vers des architectures modernes non adaptées à notre contexte socio -culturel et climatique,
- ✓ aux promoteurs immobiliers qui ne sont pas futurs gestionnaires des bâtiments qui ont tendance à réduire au maximum les investissementssans se soucier de la facture énergétique une fois ces bâtiments construits,
- ✓ au budget des bâtiments civils qui sont souvent insuffisants pour la construction de bâtiments économes en énergie,
- ✓ aux délais de réalisation très courts des bâtiments qui favorisent la duplication de la même architecture du bâtiment sans la prise en comptede la spécificité du climat de chaque région, lors de la réalisation.

Tous ces facteurs ont contribué à l'utilisation de plus en plus de systèmes conventionnels de chauffage et de refroidissement afin de remédier à l'insuffisance due à la qualité thermique de nos bâtiments.

La mise en place d'une réglementation thermique et énergétique des bâtimentsneufs devient par conséquent une nécessité étant donnée les perspectivesénergétiques futures du pays et la forte contribution de ce secteur au niveau desémissions de gaz à effet de serre.

II - 6-3-1- Le contenu de la réglementation thermique :

S'appliquant aux bâtiments neufs résidentiels et tertiaires, la réglementation thermique [49]:

- fixe des exigences en matière de performance énergétique de l'enveloppe : niveau d'isolation thermique, optimisation du taux de vitrage par orientation, protection solaire des fenêtres, etc.
- incite à couvrir une partie des besoins énergétiques par une production d'énergie à l'aide des techniques solaires thermique et photovoltaïque.
- exige des systèmes de chauffage, de climatisation, d'ECS et d'éclairage à efficacité énergétique
- Et limite au maximum les consommations énergétiques en kWh/m².an (moins de 50 kWh/m².an pour les logements neufs).

II - 6-3-2- Le règlemenation thermique Algérienne :

En Algérie, la réglementation thermique de 1997 des bâtiments à usage d'habitation a été conçue pour réduire la consommation de chauffage de l'ordre de 25 %. Une réflexion est engagée actuellement pour porter ce niveau d'économie à plus de 40%. Pour ce faire, des simulations numériques ont été menées sur des logements types. Il ressort de l'étude qu'en agissant sur la seule limitation des déperditions thermiques par transmission, il est possible d'atteindre ce nouvel objectif tout en réduisant substantiellement la charge de climatisation d'été. Une nouvelle réglementation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants: réserver la réglementation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en immeuble collectif [50].

Sous le titre de Réglementation thermique des bâtiments d'habitation : DTRC 3–2. Les règles de calcul des déperditions calorifiques, DTR C 3–2 définissentles performances thermiques minima mais comprennent aussi des conventionsde calcul ainsi que des conventions de calcul pour le dimensionnement des installationsde chauffage. La réglementation Algérienne s'inspire en grande partiede la réglementation française, par contre les méthodes de calcul utilisées sontplus simples, elle autorise, tout du moins dans certaines limites, le calcul informatisédes besoins de chauffage. Ceci est un point positif puisque cela permet deprofiter de l'inertie thermique d'un bâtiment ; un facteur très important étantdonné le type de climat et de constructions existantes diffère en Algérie.

Uneréglementation prenant en compte le confort thermique est prise en considération Surtout durant les périodes chaudes. Une telle réglementation estd'une importance capitale étant donné le problème du confort en période d'été etde la consommation d'énergie due à la climatisation utilisée dans de nombreusesrégions d'Algérie [51].

II - 6-4 -Bilan thermique du bâtiment :

Un bilan thermique sert au calcul des besoins en chauffage ou climatisation. Un bilan thermique peut être simple ou très compliqué selon ce que l'on recherche. Le calcul des déperditions thermiques, même simplifié, d'une pièce est un bilan thermique, celui de la pièce. Le calcul des déperditions thermiques, malgré la complexité de certaines formules, est assez simple et précis car les données d'entrée sont connues avec assez de précision. Là où le problème se pose, c'est de connaître les différents apports gratuits ou non, internes ou externes. Les apports internes (occupants, lumières, appareils ménager et autres, etc...) sont fonction du nombre d'occupants, de leurs comportements et de leur mode de vie. Les apports externes sont principalement les apports solaires (qui sont comptés seulement sur les parties vitrées, menuiserie comprise). Cesapports sont difficiles à quantifier, c'est pour cette raison que les spécialistes en thermique utilisent des valeurs par défaut.

Les pertes thermiques par le système de distribution, de production et de stockage sanitaire sont elles aussi assez difficiles à estimer. De même que celles du système de chauffage. Sur les pertes de ces deux systèmes, il y a ce que l'on appelle les "pertes récupérables", pertes par distribution, production et stockage et qui peuvent éventuellement être récupérées quand elles se font dans des locaux chauffés ou des

locaux non chauffés mais vers lesquels des locaux chauffés ont des déperditions thermiques. Les pertes des systèmes ECS et chauffage sont difficiles à quantifier car il n'est pas facile de savoir dans quelle proportion elles participent au chauffage du logement. Une chaudière dans une cave a des pertes thermiques vers l'air ambiant de la cave qui aillent vers l'extérieur. Mais en ayant une température ambiante supérieure (ce qui et dû à la présence de la chaudière), elle réduit les déperditions de la pièce située au dessus d'elle, donc une partie des pertes thermiques de la chaudière et, pour ainsi dire, récupérée.

Le bâtiment reçoit de l'énergie sous différentes formes :

* rayonnement solaire,
* les combustibles,
* l'électricité,
* la chaleur de l'air interne et la chaleur métabolisme des habitants, etc.

Toutes ses formes d'énergie sont transformées en d'autres formes utilisables. Or pratiquement toute l'énergie transformée dans le bâtiment finit sa carrière en chaleur, et cette chaleur passe tôt ou tard à l'extérieur de l'enveloppe. Et si on désire optimiser à la fois le confort interne et les gains solaires passifs tout en minimisant la consommation d'énergie achetée,il est nécessaire de comprendre où passent les flux de chaleur mais aussi il est difficile et onéreuxde mesurer tous les flux de chaleur traversant le bâtiment, et cette mesure est impossible sur un bâtiment en projet. C'est pourquoi le calcul du bilan thermique du bâtiment est d'une grande utilité.

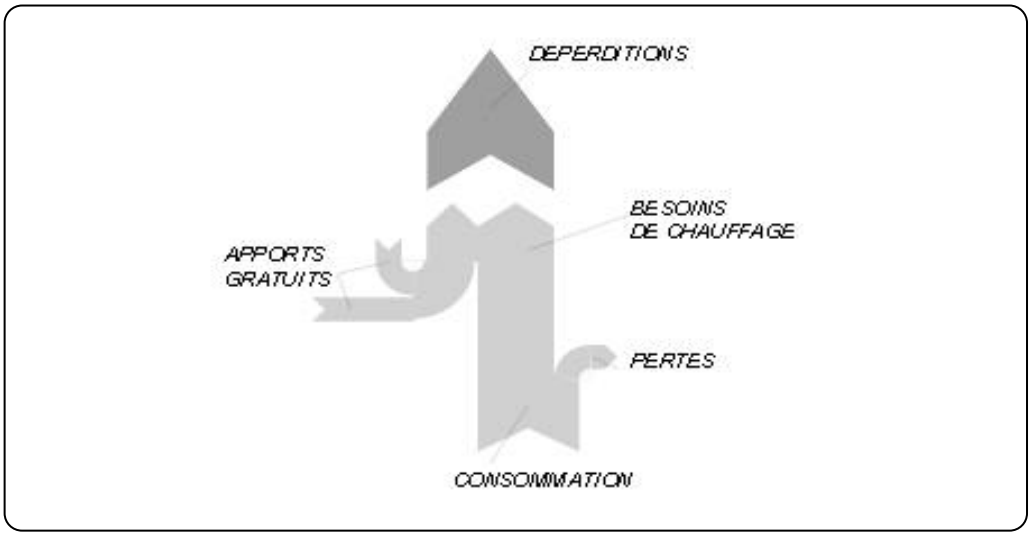


Fig.23 : bilan thermique d'un bâtiment.

(Source : http// :www.neanne.univ-tln.fr)

II - 6-4-1 - Le bilan thermique instantané :

Le bilan thermique instantané dans le bâtiment exprime que la chaleur produite dans le bâtiment est soit perdue à l'extérieur, soit stockée momentanément dans le bâtiment sous une forme ou une autre.

II - 6-4-2 - Le bilan thermique moyen :

Après le calcul du bilan thermique instantané, on connait tous les flux et températures présents dans le bâtiment à tout instant, on peut intégrer ces valeurs pendant une période de temps donnée (un mois ou une saison ou une année par exemple) et calculer l'énergie consommée par le bâtiment et les conditions de confort pendant cette période[52].

II - 6-4-3-Calcul du bilan thermique énergétique :

Le bilanénergétique d'hiver est calculé à partir de l'équation suivante [53] :

$$Qaux = Qle + Qlv - Qgs - Qgi \quad \textbf{(7)}$$

Et le bilan énergétique d'été est calculé à partir de l'équation suivante [54] :

$$Qaux = Qle + Qlv + Qgs + Qgi \quad \textbf{(8)}$$

Avec : Qle : pertes par conduction de l'enveloppe.

Qlv : Pertes par renouvellement d'air.

Qgs : Gains solaires.

Qgi : Gains internes (Qp + Qe).

Dans le cas des pertes par conduction de l'enveloppe et par renouvellement d'air, le calcul est donné par les formules de Jean-Bernard Gay (2001):

$$Qle = \Sigma\, Ui\, Ai \quad \textbf{(9)}$$

$$Qlv = \rho\, Cp\, n\, Vch \quad \textbf{(10)}$$

Avec U : transmissions thermique de l'enveloppe. A : la Surface.

II - 6-4-4- La déperdition thermique du bâtiment :

Les déperditions thermique dans le bâtiment que se soit un bâtiment nouveau ou déjà existant sont du essentiellement aux quatre causes suivantes :

1- Le renouvellement de l'airintérieure du bâtiment.
2- Conduction thermique des parois opaques
3- Conductions thermique des parois vitrées.
4- Conduction à travers la structure du bâtiment.

II - 6-4-5- Objectifs du calcul des déperditions :

Le calcul des déperditions doit être effectué pourrépondre à trois préoccupations [55]:

- La plus évidente étant le dimensionnement : ce calcul nous fournira la puissance émise vers l'extérieur et donc la puissance des radiateurs nécessaire.
- Le calcul des déperditions est également un outil de vérification. En effet, il faut essayer de limiter les déperditions du bâtiment dans la mesure du possible (en choisissant des matériaux adaptés pour les parois), afin d'éviter le gaspillage d'énergie.
- Enfin, le calcul des déperditions nous permettra d'avoir accès au calcul des consommations d'énergie, celles-ci lui étant proportionnelles, et donc nous permettra de vérifier que ces consommations restent raisonnables et conformes à la Réglementation Thermique.
-

II - 6-4-6- Le diagnostique de performance énergétique :

Exigé depuis 1er novembre 2006, [56] par la commission européenne est valable sauf,Le DPE renseigne sur la performance énergétique d'un logement ou d'un bâtiment, en évaluant sa consommation d'énergie et son impact en termes d'émission de gaz à effet de serre. Il s'inscrit dans le cadre de la politique énergétique définie au niveau européen afin de réduire la consommation d'énergie des bâtiments et de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Ce diagnostique qui doit êtreréalisé par un spécialiste avec l'aide d'un logiciel de calcul simple.La lecture du DPE est facilitée par deux étiquettes à 7 classes de A à G (A correspondant à la meilleure performance, G à la plus mauvaise) :

1- **l'étiquette énergie** pour connaître la consommation d'énergie primaire ;

2- **l'étiquette climat** pour connaître la quantité de gaz à effet de serre émise.

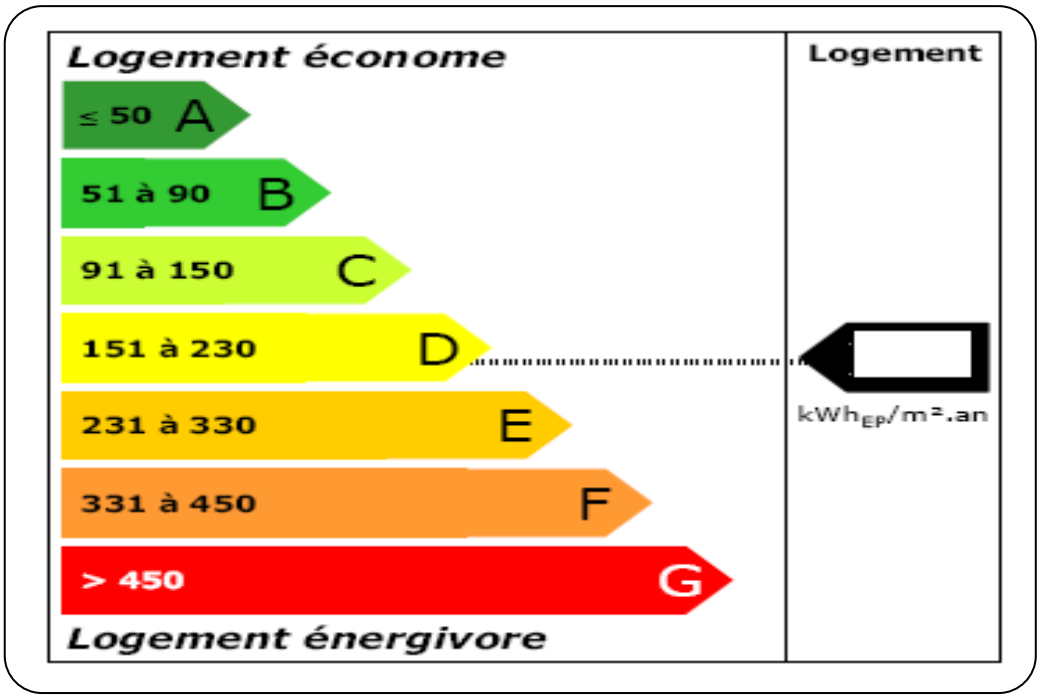


Fig. 24 : Etiquette Energie pour bâtiment.
(Source :http://www.developpement-durable.gouv.fr).

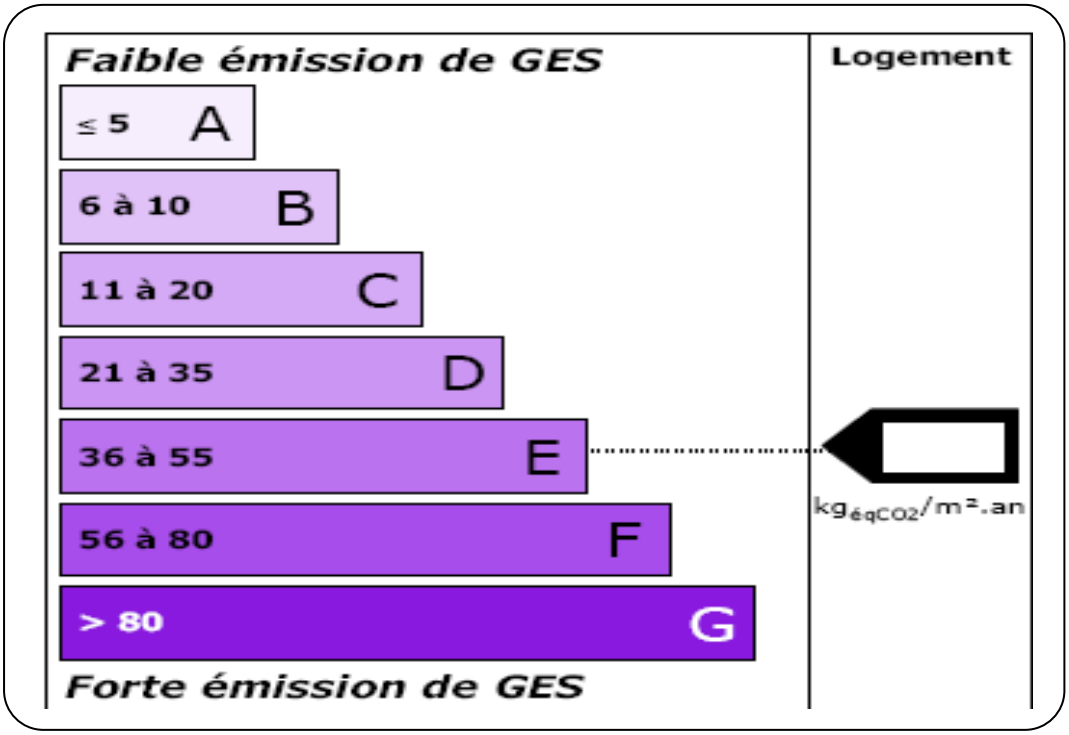


Fig. 25 : Etiquette Climat.
(Source :http://www.developpement-durable.gouv.fr).

II - 6-5-Les préceptes d'un bon DPE :

Les sept préceptes d'un bon DPE sont[57]:

1. Identifier le mode constructif du bâtiment selon son époque de construction.
2. Connaître son fonctionnement thermique d'ensemble, avec ses dispositions actives et passives.
3. Avoir une approche bioclimatique du bâtiment pour bien interpréter les consommations constatées.
4. Étudier conjointement son comportement thermique d'hiver et son confort thermique d'été.
5. Considérer que les dispositions les plus économes en énergie sont souvent passives.
6. Ne pas créer de ponts thermiques dans les constructions anciennes qui n'en présentent pas.
7. Ne préconiser que des améliorations qui ne risquent pas de provoquer de désordres.

II - 6-5-1-Les certificats d'économies d'énergie (CEE) :

Les certificats d'économies d'énergie ont pour but d'inciter les fournisseurs d'énergie à promouvoir les économies auprès de leurs clients. Ces fournisseurs ont l'obligation de réaliser des économies d'énergie et plusieurs moyens sont à leur disposition : faire des économies sur leurs propres installations, inciter leurs clients par de la sensibilisation ou des aides financières ou encore en achetant des certificats d'énergies revendus sur le marché. Toute personne physique ou morale (associations, collectivité, entreprise…) qui réalisera des économies d'énergie se verra délivrer un certains nombre de certificats en fonction des kWh économisés et pourra les revendre à ces fournisseurs [58].

II - 6-5-2 L'audit énergétique :

Il sert à analyser les points faibles d'un bâtiment et à donner des propositions d'amélioration suivant des considérations techniques et économiques.

Les audits comprennent : un état des lieux, un diagnostic du bâti, des équipements énergétiques, des installations techniques et des propositions d'améliorations techniques à apporter selon les gisements d'économie d'énergie [59].

II - 7 - Conclusion :

Nous avons exposé dans ce chapitre les principes fondamentaux de la thermique dans le bâtiment grâce à l'apport de la physique du bâtiment qui fourni des explications mathématique de l'ensemble des phénomènes naturels de la thermique.

Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs emblématiques de la lutte contre le gaspillage énergétique vue de l'aberration constatée en termes de comportement et de conception.

En Algérie avec 46% en moyenne de la consommation total de l'énergie doit faire face à ces défis et prendre conscience de ses possibilités d'économiser l'énergie et préserver ses ressources ainsi que lutter contre le réchauffement climatique dans le cadre du développement durable.

De ce fait l'obligation d'intervenir sur le bâtiment existant est devenue une obligation et la réhabilitation thermique du bâtiment existant est apparue comme solution pour atteindre les objectifs du Grenelle de l'environnement et respecter les accords de Kyoto, dont ce contexte est présenté dans le chapitre suivant.

Chapitre III :

Contexte de la réhabilitation thermique des bâtiments.

III - 1 - Introduction :

Dans un contexte de raréfaction des énergies fossiles et l'augmentation du taux d'émissions de gaz à effet de serre, les bâtiments constituent un secteur d'actions prioritaires au regard des potentiels d'économies d'énergie (qu'ils représentent) entré au centre d'intérêt des architectes et ingénieurs de plus d'une vingtaine d'années tentent de convaincre leurs partenaires, leurs maitres d'ouvrages et leurs collectivités locales de réfléchir sur leurs pratiques leurs méthodes et leurs propositions en vue de minimiser les impactes des constructions sur l'environnement [60].

Aujourd'hui le bâtiment est le secteur le plus énergivore et il se place en deuxième position dans les secteurs émetteurs de gaz à effet de serre après celui du transport. Donc le secteur du bâtiment peut offrir une possibilité importante de réduire la demande en matière énergétique ainsi que réduire ses émissions en GES. C'est ainsi qu'une mesure telle que la réhabilitation thermique (énergétique) des bâtiments s'impose pour offrir un degré élevé de maitrise d'énergie, du confort et en même temps, l'environnement sera moins pollué.

Dans ce chapitre nous allons expliquer le contexte de la réhabilitation thermique et énergétique et ces enjeux ainsi la relation entre confort thermique et réhabilitation.

III - 2 - Qu'est ce que la réhabilitation thermique ?

La réhabilitation est une pratique architecturale née à la fin des années 1960, en réaction contre les destructions massives des centres urbains après guerre. Réhabiliter c'est améliorer le bâtiment que l'homme à toujours fait pour satisfaire ses besoins et assurer son confort : consolider, assainir, équiper et aménager son environnement. Réhabiliter c'est aussi, selon la définition du dictionnaire : prolonger la vie d'un bâtiment dévalorisé [61].

Les constructions qui ont été construites avant 1975 ne répondent pas au règlement thermique de bâtiment et la plupart d'entre eux consomment plus d'énergie et auraient besoin d'être réhabilités. Plusieurs chantiers de réhabilitation globale partout dans le monde sont en cours de réalisation afin d'améliorer les conditions de vie, le confort intérieur et aussi améliorer l'image des quartiers et de la ville en général. C'est en ce moment que le facteur énergie doit être intégré dans le processus de la

réhabilitation pour assurer un confort thermique adéquat et atteindre les objectifs tracés par les maitres d'ouvrages et les propriétaires.

III - 3 - Les niveaux de la réhabilitation énergétique :

Il y a plusieurs niveaux de réhabilitation. Les termes « réhabilitation », « Rénovation » ainsi que « entretien » n'ont pas des définitions précises, et que l'un ou l'autre des deux premiers soit utilisé dans le sens le plus général, et dont on distingue [62]:

- La « réhabilitation » qui suppose des travaux extrêmement lourds, notamment de gros œuvre, sur l'ensemble d'un immeuble, généralement collectif.
- La « rénovation », qui peut consister à la remise en état d'un logement individuel ou situé dans un immeuble collectif, sans intervention majeure sur le gros œuvre.
- La « rénovation diffuse » constituée de toutes les interventions partielles étalées dans le temps : changement de fenêtres ou d'huisseries, interventions sur les toitures, réfection de façades, changement de chaudière, etc.
- Les travaux « d'entretien » sont difficiles à définir. L'entretien des installations consommant de l'énergie est important dans le cas des chaufferies. Ils se distinguent parfois mal des travaux de rénovation diffuse.
- Les travaux d'entretien courant.

III - 4 - Les enjeux de la réhabilitation thermique dans l'existant :

III - 4 -1- L'enjeu environnemental :

La nécessité de réduire les consommations énergétiques des bâtiments existants dans le contexte de l'environnement actuel et depuis la notification du protocole de Kyôto visant à réduire les émissions des gaz à effet de serre, et la notion d'économie de l'énergie apparait comme nécessité au moment où les énergies fossiles montrent leurs limite à l'échelle plantaire. L'analyse de l'évolution de la consommation énergétique finale par secteur d'activités: l'industrie et BTP ; le transport ; ménage et autre montre que le secteur des ménages et autre prend la part la plus importante avec 51.2% en 2006 et 52% en 2007 avant, le secteur de l'industrie 25% et le secteur du transport avec 23% en 2007 [63] . Le secteur de bâtiment se situe en deuxième position après celui du transport en matière d'émission des gaz à effet de serre.

Si la demande en énergie ne cesse d'augmenter les réserves seront épuisés avec une estimation de temps d'exploitation en énergies fossile de 41 ans pour le pétrole, 63

pour le gaz et 218 pour le charbon [64] .L'Algérie qui possède un gisement important en gaz naturel et en pétrole et son économie est basée sur ses produits stratégiques elle n'est pas à l'abri même si ses réserves sont importantes. L'Algérie est consciente de ce contexte et oriente ces intègres vers la recherche des énergies renouvelables et la réduction de la consommation en énergies fossiles par le lancement de plusieurs programmes.

III - 4 -2- L'enjeu social et économique :

Si l'état d'un bâtiment ne présente aucun danger pour ces usagers sa réhabilitation thermique (énergétique) engendré par une adaptation du comportement de leurs occupants peut absorber le choc d'une augmentation inévitable du coût de l'énergie, en cas d'une pénurie éventuelle. Certes l'économie et les ménages vont se pénaliser.

En effet, l'augmentation de la facture énergétique ne sera pas vécue de la même façon par tous, par exemple les logements de qualité sommaire ou mal équipés entraînent leurs occupants dans des frais parfois insurmontables selon les situations sociales.

La réhabilitation thermique consiste à améliorer le confort thermique et environnemental des bâtiments ainsi que de diminuer la consommation d'énergie utilisée en excès pour le chauffage, ce qui réduit automatiquement le montant des factures énergétiques.

III -5 - Pourquoi Agir sur le bâtiment ancien ?

Au temps où les énergies renouvelables en Algérie ne sont pas encore utilisées à un niveau assez avancé pour réduire de manière importante la consommation en énergies fossiles il est très important d'agir sur le bâtiment existant (ancien) en tant que secteur plus énergivore parmi d'autres car il fait partie des secteurs emblématique de la lutte contre le gaspillage énergétique au vue des aberrations constatées en terme de comportement et conception il est aussi le seul secteur dans lequel les émissions des gaz à effet de serre peuvent être réduites de manière significative, avec l'introduction des adaptations techniques simple ou complexe, selon le cas dans une certaine mesure.

III -5 -1- La réhabilitation thermique et le confort :

On trouve parmi les objectifs de la réhabilitation thermique, l'amélioration du niveau de confort thermique et le sanitaire à l'intérieur du bâtiment. L'homme a toujours construit pour abriter son corps des effets des conditions climatiques de son environnement et créer une ambiance de confort d'abord thermique pour avoir la sensation de bien être et satisfaire son métabolisme. La définition du confort thermique est ainsi d'une grande importance pour le bâtiment afin de lui permettre d'atteindre ses objectifs de fonctionnalité tout en justifiant l'installation des équipements d'ambiance (chauffage, ventilation et climatisation) [65].

III -5 -2- Qu'est-ce que le confort thermique ?

Le besoin de « satisfaction thermique » chez l'homme, est évident et toutes les structures bâties (secteur habitable) ou construites (secteur des transports) sont équipées de chauffages ou de refroidissement du climat intérieur. En donnant l'opportunité à l'utilisateur d'ajuster son climat intérieur, on espère éviter l'insatisfaction donc l'inconfort. Il n'est néanmoins pas évident de considérer que l'absence d'insatisfaction procure le confort. La question de la définition du confort thermique se pose en ces termes. Le confort correspond-il à l'état d'esprit dans lequel l'individu éprouve de la satisfaction à l'égard de son environnement thermique ou celui dans lequel il n'éprouve pas d'insatisfaction ?

S'il fallait donc classer les notions de confort, on pourrait se référer à la graduation suivante [66]:

- inconfort : expression de l'insatisfaction ou du désagrément de façon continue ou répétitive, ne permettant pas à la nuisance de se « faire oublier ».
- confort dégradé : résulte de l'apparition épisodique (temporelle) ou locale (spatiale) d'un certain inconfort non persistant ou ressenti localement mais de façon peu intense (par exemple, avoir légèrement froid aux pieds).
- confort : peut résulter de deux possibilités :
- ✓ se déduit de l'absence exprimée de désagrément ou d'insatisfaction (échelle affective).

- ✓ se déduit de l'incapacité que les gens ont à exprimer sur leur état thermique (échelle perceptive) ; cette notion est proche de l'indifférence.
- confort optimal : résulte de l'expression de l'agrément du bien-être exprimé par l'individu par rapport au climat perçu (l'exemple le plus convaincant est celui de la douche : on ajuste la température de l'eau pour une sensation recherchée d'agrément).
- confort maximal : peut être celui qui résulte d'une parfaite adéquation entre tous les souhaits de l'individu et son état thermique (le bain à température « parfaite » cet état peut correspondre pour l'individu). Il n'est pas sûr que ce confort maximal puisse être durable ; il correspond souvent à des phases transitoires qui font suite à des inconforts notoires.

III -5 -3- Les paramètres de confort :

La température du corps humain tourne autour de 36.7 °C qui est supérieur à celle de la température d'ambiance, et la sensation du confort est proportionnelle et peut être trouvée si un équilibre entre les deux températures est assuré.

Selon De Herd et Liébard .(2005) les échanges de chaleur entre l'individu et l'ambiance s'effectue selon divers mécanismes : plus de 50% des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (convection et évaporation par respiration à la surface de la peau).les échanges par rayonnement à la surface de la peau présentent jusqu'à 35% du bilan, alors que les pertes par contact (conduction) sont négligables (<1 %).Le corps perd également 6% de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée.

Le confort thermique dépond de six paramètres [67]: (Fig.26)

- Le métabolisme est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36.7°C. Un métabolisme de travail correspond à une activité particulière qui s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.
- L'habillement représente une resistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
- La tempétarure ambiante de l'air Ta.
- La température des parois Tp (de façon simplifiée) : on défini une température de confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche) par l'équation :

$$Trs = (Ta + Tp)/2 \qquad \textbf{(11)}$$

- L'humidité relative de l'air (HR) est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température Ta et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.
- La vitesse de l'air influence des échanges de chaleur par convection.Dans l'habitat, les vitesse de l'air ne dépassent généralement pas 0.2m/s.

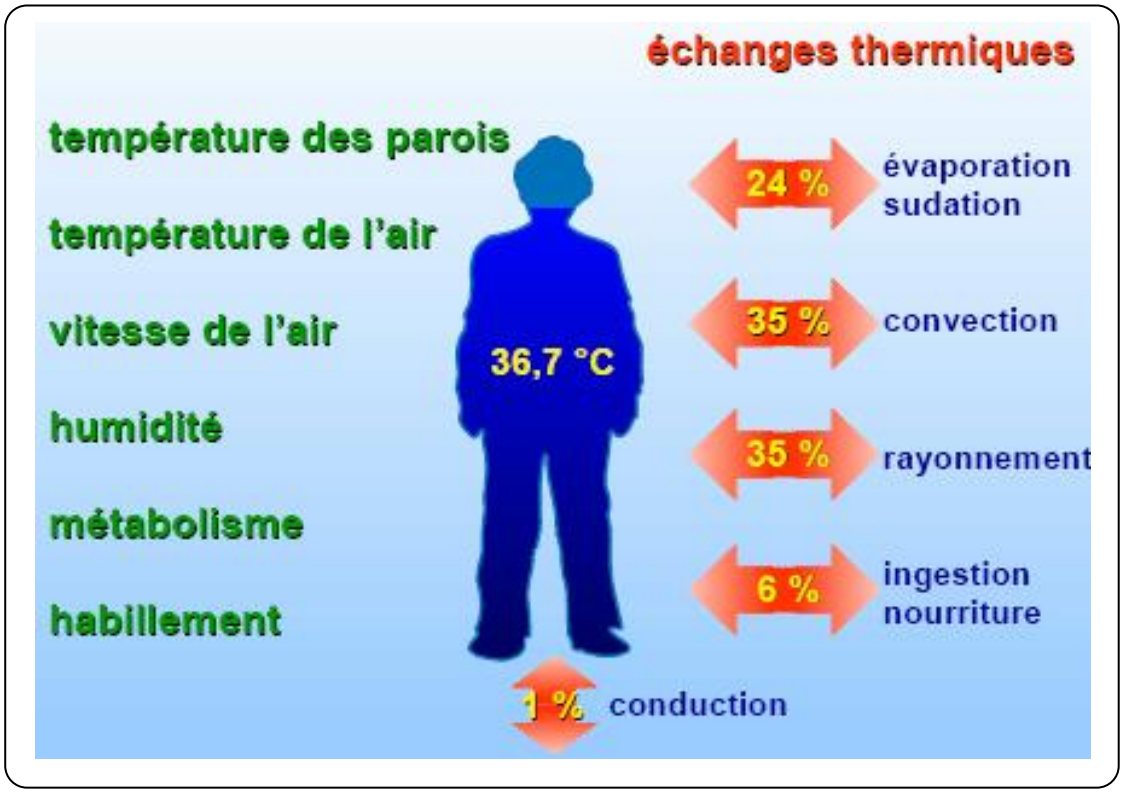


Fig. 26 : Les six paramètres du confort thermique.
(Source : De Herd et Liébard 2005).

III -5 -4- Les paramètres sensibles du confort thermique :

III -5 -4- 1-La température de l'air ambiant :

La température ambiante (Ta) est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges par convection, conduction et de respiration [68]. Dans un local, la température de l'air n'est pas uniforme, des différences de température d'air se présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe [69].

En fonction de la température ambiante (Ta) et la température des parois (Tp) on peut déterminer la température de confort ou température résultante sèche(Trs) . *De Herd et Liébard 2005)* lustrent que pour une paroi non isolée, (Fig.27) la température de la surface basse : 12°C. Pour une température ambiante de 20°C, la température résultante sera égale à 16°C qui est une température inconfortable causée par l'effet des parois, dans ce cas le corps humain perd de la chaleur en direction des sources froides. Pour une paroi isolée, la température de surface est égale à 16°C et la température résultante augmente jusqu'à 18 °C. La température des parois étant toujours inférieure à celle du corps, qui continu à perdre de la chaleur mais en moindre quantité, qui lui permet d'atteindre un état de confort.

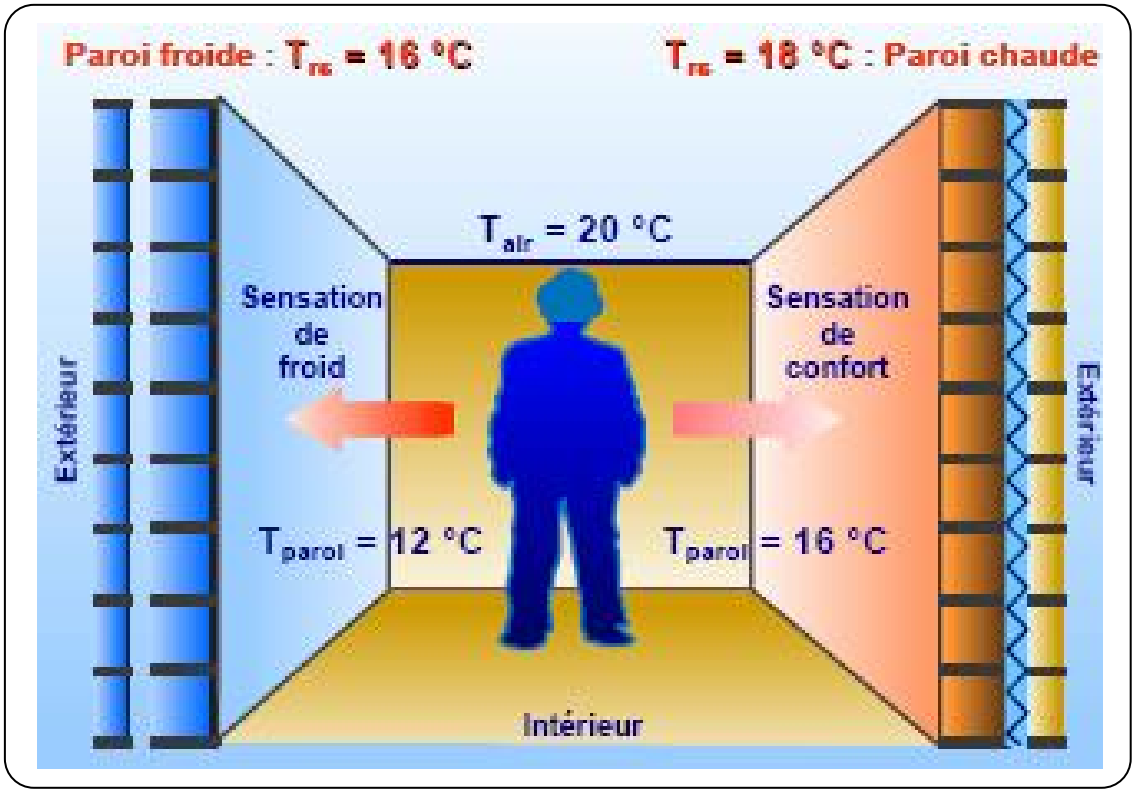


Fig. 27: La température de confort.

(Source : De Herde et Liébard 2005).

III -5 -4- 2-L'hygrométrie :

C'est le taux d'humidité dans l'air à l'intérieur d'une habitation, il peut être amplifié par la vapeur d'eau produite des activités de l'homme : travaux ménagères, de cuisson … etc. Un taux d'humidité intense est mauvais pour le bâtiment et la santé de ses occupants. Le maintien d'un taux d'hygrométrie entre 30 et 70 % est une fourchette

dans laquelle une sensation d'inconfort ne peut être ressentie, un réglage du taux de d'humidité à l'intérieur peut être effectué par une ventilation ou une augmentation de la température résultante sèche qui est recommandée. Plus précisément, on peut définir une plage de confort hygrothermique dans le diagramme suivant :

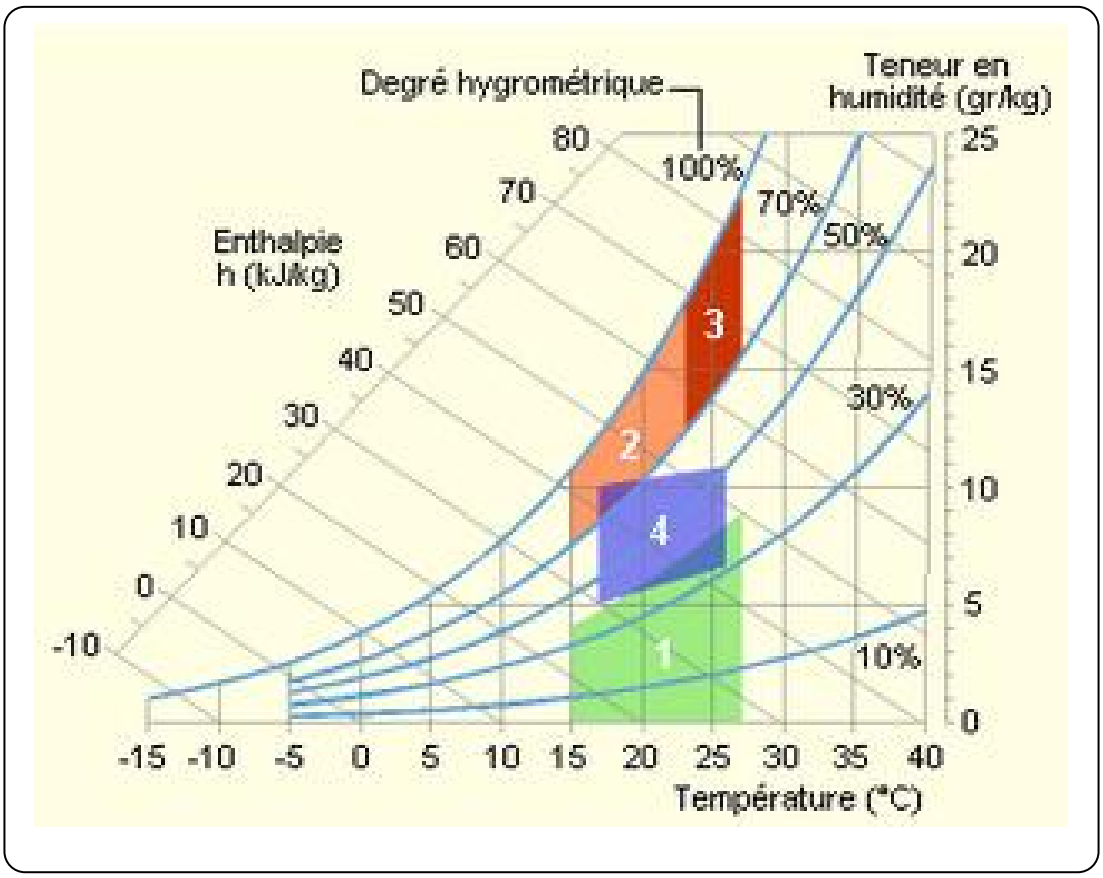


Fig. 28 : Diagramme de bioclimatique Givoni.

(Source : http://app.bruxellesenvironnement.be)

Avec :

1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.

2 et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de micro champignons.

3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.

4 : Polygone de confort hygrothermique.

III -5 -4- 3-La vitesse de l'air :

La vitesse de l'air est un paramètre à ne pas négliger, car elle influe sur les changements de chaleur par convection et accélère l'évaporation à la surface de la peau. A l'intérieur des bâtiments, on considère généralement que l'impact sur le confort des occupants est négligeable tant que la vitesse de l'air ne dépasse pas 0,2 m/s. A titre de comparaison : se déplacer à la vitesse de 1 km/h produit sur le corps un déplacement de l'air de 0,3 m/s. Le mouvement de l'air abaisse la température du corps, facteur recherché en été mais pouvant être gênant en hiver (courants d'air) [70].

En condition hivernal : de façon plus précise

Tab. 3 : La vitesse résiduelles de l'air en période hivernal.

Vitesses résiduelles	Réactions	Situation
0 à 0,08 m/s	Plaintes quant à la stagnation de l'air	Aucune
0,13 m/s	Situation idéale	Installation de grand confort
0,13 à 0,25 m/s	Situation agréable mais à la limite du confort pour les personnes assises en permanence	Installation de confort
0,33 m/s	Inconfortable, les papiers légers bougent sur les bureaux	Grandes surfaces et magasins
0,38 m/s	Limite supérieure pour les personnes se déplaçant lentement	Grandes surfaces et magasins
0,38 à 0,5 m/s	Sensation de déplacement d'air important	Installations industrielles et usines où l'ouvrier est en mouvement

(Source : http://app.bruxellesenvironnement.be).

III -5 -5-1-Confort d'hiver :

Pour le confort d'hiver, la réhabilitation thermique consiste à améliorer la capacité de capter la chaleur gratuite des rayons solaires, les stocker et distribuer dans le bâtiment ainsi le profit des ces rayons comme source de lumière et d'hygiène en laissant passer le maximum de spectre solaire au font des locaux.

III -5 -5-2-Confort d'été :

Pour un confort en été, la réhabilitation thermique consiste à protéger le bâtiment des apports excessifs du soleil et minimiser les sources de chaleur à l'intérieur ainsi que l'augmentation de l'inertie des parois.

Selon Watson D et Camus R (1986), la manière la plus efficace d'assurer le confort d'été est de minimiser les effets de la principale source de surchauffe en abritant le bâtiment du soleil pour réduire les surfaces de l'enveloppe exposées au soleil en été.

III -6-Conclusion :

Dans ce chapitre, on a cerné le contexte de la réhabilitation thermique des bâtiments et les paramètres sensibles du confort thermique pour pouvoir améliorer le confort thermique à l'intérieur des bâtiments, et créer une ambiance favorable qui convient aux besoins des occupants, en réduisant la consommation de l'énergie en matière thermique, ainsi que cette réhabilitation est engendrée par l'amélioration de l'enveloppe et agir de façon intelligente sur l'esthétique de la construction.

Chapitre IV :

Approche aux réseaux de neurones artificiels.

IV-1- Introduction :

L'informatique est la science du traitement automatique de l'information à l'aide des machines de traitement : des ordinateurs, des robots, etc., le développement de l'informatique est souvent confondu avec celui des ordinateurs qui sont devenus de plus en plus puissants depuis leur apparition. Toute fois, cette augmentation de puissance ne permet pas toujours à résoudre les problèmes d'une application informatique dans un domaine particulier. La construction d'un logiciel s'appuie sur plusieurs approches : l'approche algorithmique et l'approche basé sur la connaissance, et sont parmi les plus utilisées.

Une approche algorithmique nécessite l'écriture du processus à suivre pour résoudre le problème, lorsque le problème est complexe, ça peut être une étape coûteuse ou impossible. D'autre part, les ordinateurs sont des machines complètement logiques qui suivent à la lettre chacune des instructions du programme, c'est un avantage lorsque tous les cas ont été prévus à l'avance par l'algorithmicien qui n'est pas toujours possible malheureusement, dans ce cas l'informaticien, dit que « c'est une erreur de machine ». Pour réduire considérablement le risque de laisser l'ordinateur aux prises avec une situation imprévue, ou son comportement ne serait pas adapté, triplant les logiciels, chacun développe indépendamment par une équipe différente afin de pâlir à ce manque de clairvoyance de l'algorithmicien.

La seconde approche est celle de l'intelligence artificielle (appelée IA par commodité), avec pour applications les plus connues les systèmes experts. Ici, la résolution du problème est confiée à un ensemble de règles données par l'expert humain du domaine. Il n'en demeure pas moins que toutes les règles doivent avoir été exprimées préalablement au traitement, et le programme demeure binaire et ceux qui ne sont pas été prévus par l'expert ne seront pas correctement traités.

Ces deux approches ne suffisent pas à répondre à tous les problèmes existants. Citons les domaines de la reconnaissance de formes (l'image ou signaux), du diagnostic, du contrôle moteur etc…. Depuis longtemps explorés à l'aide des approches algorithmiques et à base de connaissance qui n'ont pas rencontré le succès escompté.

Alors que, des êtres vivants relativement simples sont capables de réaliser certaines de ces opérations apparemment sans difficulté. Une troisième approche au traitement automatique de l'information semble donc s'offrir à nous ou on cherche à s'inspirer du traitement de l'information effectuée par le cerveau à la base de l'essor des réseaux de neurones artificiels [71].

La figure 29 schématise l'hypothèse proposée par de nombreux biologistes pour recréer le comportement intelligent du cerveau :

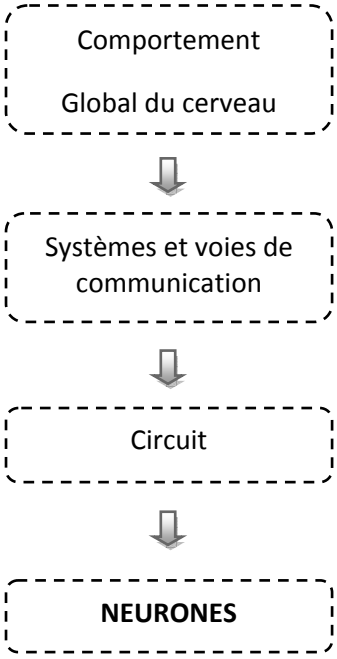


Fig. 29: Hypothèse biologique de génération d'un comportement intelligent.
(Source : http// :www.gsit.univ-provence.fr)

IV-1-1- Les Réseaux de neurones artificiels :

Les réseaux de neurones artificiels sont des réseaux fortement connectés de processeurs élémentaire fonctionnant en parallèle, chaque processeur élémentaire calcule une sortie unique sur la base des données qu'il reçoit (Mcullach et al, 1943). [72] Les réseaux de mesures artificiels ou réseaux connexionnistes sont fondés sur des modèles qui tentent d'expliquer comment les cellules du cerveau et leurs interconnexions parviennent d'un point de vue globale, à exécuter des calculs complexes, ces systèmes qui stockent et retrouvent l'information de manière

« similaire » au cerveau sont particulièrement adoptés aux traitements en parallèle de problèmes complexes comme la reconnaissance automatique de la parole, la reconnaissance du visage ou bien de la simulation de fonctions de transport (Fisher et al 1987).

Les connexionnistes s'inspirent de l'organisation des cellules neuronales du cerveau humain. Dans les réseaux de neurones artificiels de nombreux processeur appelés cellules ou unités capables de réaliser des calculs élémentaires sont structurés en couches successives capables d'échanger des informations au moyen de connexions qui les relient (Noakas, 1992) ces unités miment les neurones biologiques et grâce à cette analogie on peut gérer et surmonter les problèmes posés pour des temps d'attente importants caractérisant la résolution des tâches complexes par des méthodes numériques (tel que les tâches en reconnaissance de visage, de voix…)[73] .

IV-1-2- Historique :

L'histoire des recherches sur les réseaux de neurones débutés par, le célèbre psychologue américain W.James en 1890 qui a introduit le concept de mémoire associative, et propose ce qui deviendra une loi de fonctionnement pour l'apprentissage sur les réseaux de neurones connus plus tard sous le nom de loi de Hebb. En 1943 : J.Culloch et W.Pitts ont montré pour la première fois que des réseaux de neurones formels simples peuvent réaliser des fonctions logiques arithmétiques et symboliques complexes pour s'orienter vers l'approche symbolique de l'intelligence artificielle (IA) qui semblait prometteuse[74].

Les recherches dans le domaine des réseaux de neurones ont connues un passage à l'ombre entre 1967 et 1982, on ne veut pas dire que ces recherches sont interrompus, mais ils sont déguisées, sous couvert de divers domaines comme : la reconnaissance de formes, le traitements adaptatifs du signal et la modélisation en neurobiologique [75].

En 1982 G physicien II Hopfield, présente une théorie du fonctionnement des réseaux de neurones dans un article court et bien écrit, il a développé un modèle encore très utilisé jusqu'à présent, notons qu'a cette date les recherches sont relancées de nouveau, en 1986, l'apparition de l'algorithme

d'apprentissage adopté aux réseaux multicouches, la rétro propagation appelés aussi perceptions multicouches) une découverte réalisée et publiée par Kumetharth, Hinton et Williams, dés cette découverte les réseaux de neurones multicouches et l'algorithme du rétro propagation reste le modèle le plus étudie et le plus productif au niveau des applications devenues de plus en plus nombreuses.

En France l'intérêt pour les réseaux de neurones commence en 1988 avec la création du congrès Neuro-Nimes qui a connu des chiffres croissants le nombre de participants (Fig. 30). En USA cet intérêt a démarré plutôt, des 1986, de 600 à 200 visiteurs participants aux quelques grands congrès annuels [76].

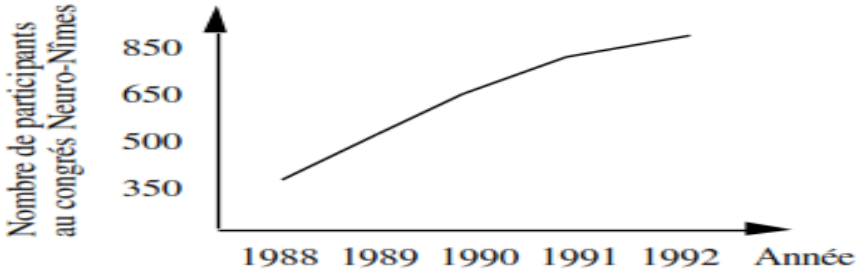


Fig. 30: Illustration de l'accroissement de l'intérêt pour les réseaux de neurones
Evaluation de nombre de participants au congrès Neuro-Nime.
(Source : www.gsite.univ-Provence.fr)

IV-1-3- L'intérêt de l'utilisation des réseaux de neurones artificiels :

Les réseaux de neurones formels, tels que nous allons les définir dans les paragraphes qui suivent, possèdent la propriété d'approximation qui peut être énoncée de la manière suivante :

Toute fonction bornée suffisamment régulière peut être approchée avec une précision arbitraire dans un domaine défini de l'espace de ses variables, par un réseau de neurones comportant une couche de neurones cachés en nombre fini, possédant tous la même fonction d'activation et un neurone de sortie linéaire. [77]

En plus, les réseaux de neurones nécessitent moins de paramètres ajustables (les poids des connexions) que d'autres outils mathématiques couramment utilisés. Dans la

pratique, on n'utilise pas les réseaux de neurones pour réaliser des approximations de fonctions connues.

Le plus souvent, le problème qui se pose est de trouver une relation entre un ensemble de sorties dans un processus donné, et l'ensemble des entrées correspondant à travers les mesures effectuées. On suppose que cette relation existe quoique :

- Les mesures sont en nombre fini,
- Elles sont certainement entachées de bruit,
- Toutes les variables qui déterminent le résultat du processus ne sont pas forcément mesurées.

En d'autres termes, l'ingénieur cherche un modèle du processus qu'il étudie à partir des mesures dont il dispose : on dit qu'il effectue une modélisation "boîte noire". Dans la "syntaxe" des réseaux de neurones, les données à partir desquelles on cherche à construire le modèle s'appellent des exemples. Donc la raison pour laquelle les réseaux de neurones sont jugés d'être une bonne alternative est qu'on peut trouver une approximation à partir des mesures disponibles par un modèle RNA.

De manière générale, un réseau de neurones permet de faire un meilleur usage des mesures disponibles que les méthodes d'approximation non linéaires conventionnelles. Ce gain peut être considérable lorsque le processus à modéliser dépend de plusieurs variables tel que dans le cas des procédés de mise en forme là où il intervient plusieurs types de non-linéarités et plusieurs paramètres matériels et technologiques. [78]

IV-2- Notions de base sur les réseaux de neurones artificiels

IV-2-1- Le neurone artificiel émit le neurone biologique

Un neurone biologique est une cellule vivante consacrée au traitement de l'information (Fig. 31) de son corps cellulaire ou soma, rayonnent de nombreuses dendrites (jusqu'à100000) qui reçoivent des signaux provenant d'autres neurones ou cellules sensorielles. Ces signaux sont traités par le neurone qui transmet à son tour un signal, si certaines conditions sont réunies le long de son axone à d'autres neurones ou à des cellules effectrices (cellule musculaire par exemple) : On dit que le neurone est alors activé [79].

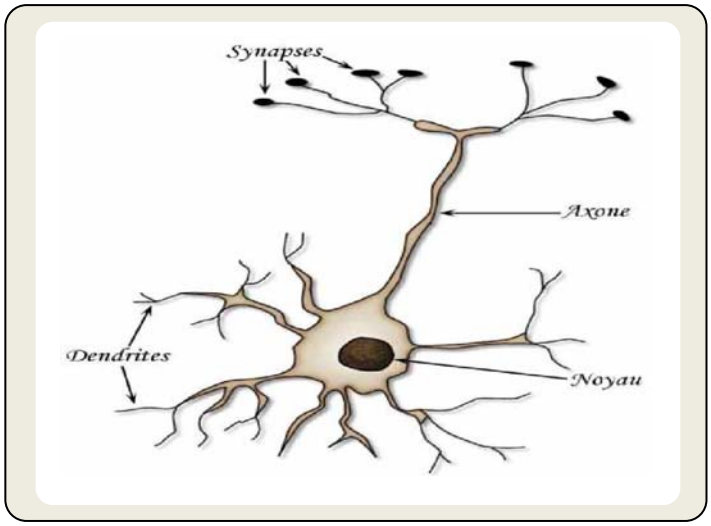


Fig. 31: Un neurone avec son arborisation dendritique

(Source : www.ryounes.net)

La figure 31 montre la structure d'un neurone artificiel. Chaque neurone artificiel est un processeur élémentaire [79]. Il reçoit un nombre variable d'entrées en provenance de neurones amont. A chacune de ces entrées est associé un poids (w) représentatif de la force de la connexion. Chaque processeur élémentaire est doté d'une sortie unique qui se ramifie ensuite pour alimenter un nombre variable de neurones avals. A chaque connexion est associé un poids**.**

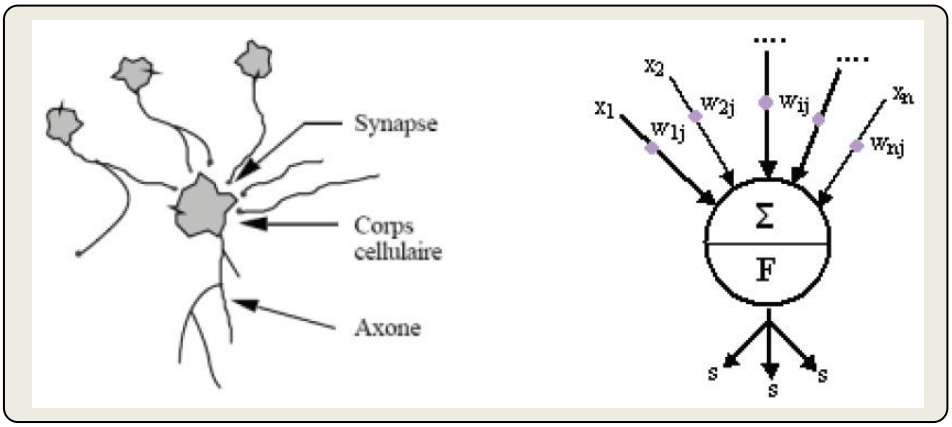


Fig. 32: Mise en correspondance neurone biologique /neurone artificiel

*(Source : **Chemakh. A** _2007)*

Le modèle général du neurone artificiel est composé des éléments suivants :

- Une ou plusieurs entrées pondérées,
- Un sommateur,
- Une fonction de transfert,
- Une sortie.

Avec :

- xi est l'entrée i,
- wij est la valeur du poids synaptique reliant l'entrée i au neurone j,
- Σ est la somme pondérée des entrées x i,
- F( ) est la fonction de transfert,
- s est la sortie du neurone.

IV-2-2- Les réseaux de neurones artificiels :

Les réseaux de neurones artificiels sont des modèles manipulés par des connexionnistes ou neuromiméticiens mais avec des objectifs différents. L'objectif des neuromiméticiens en manipulant des modèles de neurones artificiels est de vérifier leurs théories biologiques du fonctionnement du système nerveux central, alors que l'objectif des ingénieurs et chercheurs connexionnistes est d'améliorer les capacités en informatique en utilisant des modèles aux composants fortement connectés et fonctionnent en parallèle, [80] chaque neurone ou processeur élémentaire calcule une sortie unique de neurone à base des informations qu'il reçoit. Donc l'information donnée au réseau va se propager de couche en couche, de l'entrée à la sortie en passant par une ou plusieurs couches intermédiaires (couches cachées). Les réseaux de neurones ont la capacité de stocker les connaissances obtenues par des processus d'adaptation ou d'apprentissage puis les rendre disponible à l'usage.

Les réseaux de neurones sont destinés pour réaliser des applications à base de mesures variables, d'un processus de nature quelconque (Mathématique, Économique, Physiques...etc.) et de résultats de processus, sachant que les mesures sont en nombre fini, on suppose qu'il existe une relation entre cette variable et le résultat obtenu.

Autrement dit on cherche à modéliser un processus étudie pour suivre des données ou mesures qu'on dispose. Cependant, on dit qu'on a effectué une modélisation « boite noire » (Fig. 33) pour laquelle le réseau se divise en trois couches :

1- Couche d'entrée qui reçoit les informations.
2- Couche de sortie, comme résultat d'activation des neurones et de calcul interne.
3- Une ou plus couches cachées, ne sont pas visibles de l'extérieur pour l'utilisateur.

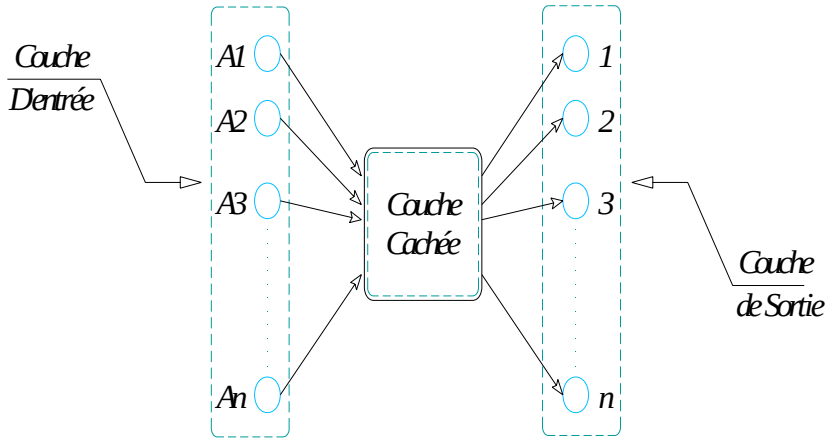


Fig. 33: Schéma de modélisation « Boite noire »

L'objectif général d'un RNA est de trouver la configuration des poids de connexion entre neurones pour avoir une réponse optimal adéquate. L'utilisation de (RNA) se fait en deux temps : une phase d'apprentissage qui est chargée des valeurs pour chacune des connexions du réseau, puis une phase d'utilisation proprement dite, où l'on présente au réseau une entrée il nous indique en retour « sa » sortie calculée.

IV-2-2-1- Le model mathématique du neurone :

Le modèle mathématique de neurone est un modèle simplifié inspiré du modèle des neurones biologique généralement il est formé d'un opérateur de sommation et un autre qui calcule l'état de la sortie **S** (Fig. 34).

Un neurone formel réalise simplement une somme pondérée de ses entrées, ajoute un seuil à cette somme et fait passer le résultat par une fonction de transport pour obtenir sa sortie.

$$P = \sum wi\ Xxi \qquad \textbf{(12)}$$

$$S = N\ (p) \qquad \textbf{(13)}$$

Ou N est la fonction d'activation du neurone, linéaire ou non.

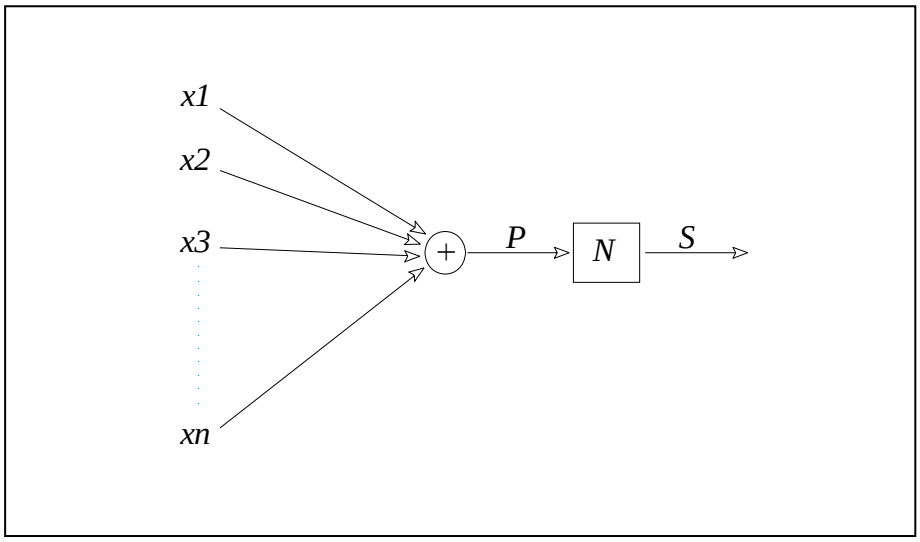


Fig. 34: Model mathématique d'un neurone.

(Source : www.univ-Orleans.fr)

IV-2-2-2- La fonction d'activation des neurones :

Chaque neurone collecte les informations fournies par les neurones de la couche précédente avec lesquels il se trouve en relation et calcule alors son potentiel d'activation. Celui-ci est ensuite transformé par une fonction pour déterminer l'impulsion envoyée aux neurones de la couche suivante (potentiel de sortie), (Fig. 35).L'activation d'un neurone est donnée par la somme des potentiels de sortie de ses prédécesseurs, pondérée par les poids synaptiques. Ce potentiel d'activation est ensuite transformé par une fonction afin de déterminer le potentiel de sorite. [81]

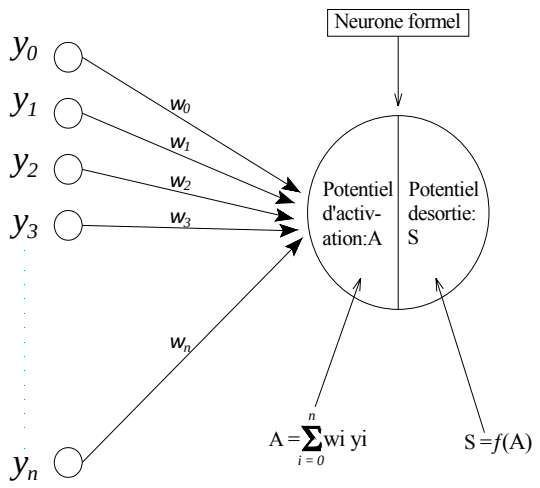


Fig. 35: Schéma d'un neurone artificiel

(Source : www.univ-Orleans.fr)

y_i , désigne les sorties des prédécesseurs des neurones.

w_i , désigne les poids synaptiques.

IV-3- Les type de connexion :

Selon le sens du transfert de l'information entre les neurones dans les connexions neuronales internes d'un réseau on distingue deux types de connexion.

IV-3-1- Des connexions directes :

Dans ce modèle de connexion, le sens parcouru par l'information traverse les neurones en une seule vague, et les réseaux dotés de ce type de connexion sont appelés réseaux à couches ou réseaux statiques qui n'ont pas de variables compostant dans le temps, ils peuvent procéder par un ou plusieurs couches invisibles ou cachés, l'état de sortie de chaque neurone dépond seulement des sorties des neurones de la couche précédente.

IV-3-2- Les connexions récurrentes :

Dans un réseau multicouche les connexions récurrentes ramènent l'information en arrière par rapport au sens de propagation. (Fig. 36) dans ce cas ces neurones sont caractérisés par des comportements dynamiques pouvant être plus ou moins complexes selon le type d'architecture qu'ils comportent ainsi que les neurones puissent être

partiels (Fig. 37) si chaque neurone entretien des relations réduites avec un nombre de neurones de la couche aval, par contre ils sont total si chaque neurone est connecté à tous les neurones de la couche suivante. comme il est schématisé dans la figure (Fig. 38).

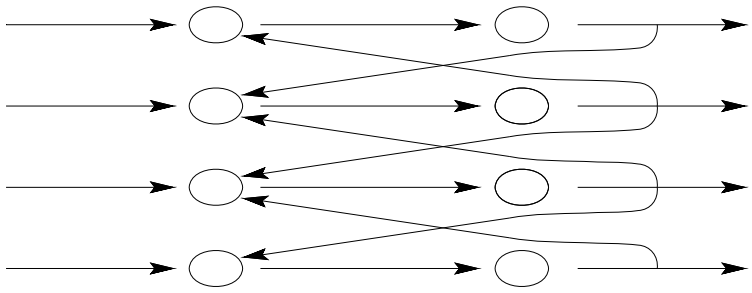


Fig. 36 : exemple d'un neurone a connexion récurrent.

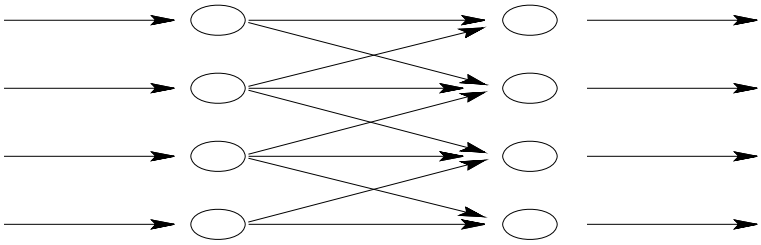


Fig. 37: exemple d'un neurone a connexion partielle.

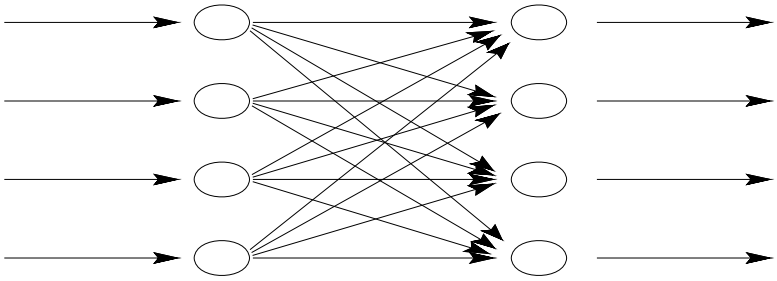


Fig. 38 : exemple d'un neurone a connexion total.

Notons qu'il existe d'autres structures de connexions mais ils ne sont pas encore bien identifiés tels que les structures indiquées ci-dessus.

IV-4- L'apprentissage :

Le réseau de neurones se paramètre à l'aide d'un échantillon d'apprentissage qui associe des formes présentées à un résultat dérivé. C'est l'algorithme d'apprentissage

qui ajuste les poids synoptiques en cherchant le comportement voulu. [82]. Et on peut dire que l'apprentissage est une phase du développement d'un réseau de neurones durant laquelle le comportement du réseau est modifié jusqu'à l'obtention du comportement désiré, une fois que l'architecture d'un réseau de neurones est choisie.

IV-4-1-Les types d'apprentissage :

Il a été défini trois grandes classes

Apprentissage : supervisé, non supervisé ou semi- supervisé.

IV-4-1-1-L'apprentissage supervisé :

Dans ce type d'apprentissage, le réseau s'adapte par comparaison entre le résultat qu'il a calculé, en fonction des entrées fournies et la réponse attendue en sortie, Ainsi, le réseau va se modifier jusqu'à ce qu'il trouve la bonne sortie c'est – à – dire celle attendue, correspondant à une entrée donnée [83].

Cependant dans l'apprentissage supervisé par remplacement, ce réseau doit apprendre la corrélation entrée/sortie via une estimation de son erreur, le réseau donc tend à maximiser un index de performance qui lui est fourni.

La 1ère règle d'apprenti connexionniste proposée entre la modification de l'efficacité synaptique des connexions entre deux neurones et l'activité simultanés de ces deux neurones.

La plupart des algorithmes d'apprentissage des réseaux de neurones formels sont des algorithmes d'optimisation [84] : Ils cherchent à minimiser par des méthodes d'optimisation non linéaire une fonction de coût qui constitue une mesure de l'écart entre les réponses réelles du réseau et les réponses désirées. Cette optimisation se fait de manière itérative, en modifiant les poids en fonction du gradient de la fonction coût : Le gradient est estimé par une méthode spécifique aux réseaux de neurones, dite méthode de rétro propagation, puis il est utilisé par l'algorithme d'optimisation proprement dit. Les poids sont initialisés aléatoirement avant l'apprentissage, puis modifiés itérativement jusqu'à obtention d'un compromis satisfaisant entre la précision de l'approximation sur l'ensemble d'apprentissage et la précision de l'approximation sur un ensemble de validation disjoint du précédent.

IV-4-1-2-Apprentissage non supervisé :

Dans ce cas l'apprentissage, est basé sur des probabilités et le réseau va se modifier en fonction des régularités statistique de l'entrée et établir des catégories en attribuant et en optimisant une valeur de qualité aux catégories reconnues.

IV-4-1-3-Apprentissage semi supervisé :

Les réseaux de neurones dans ce cas d'apprentissage ne développe pas un comportement de référence précis, mais par contre le réseau est capable de déterminer des indications d'ordre qualitatives (vrai/faux) sur les performances du réseau.

IV-4-2-Les règles d'apprentissages :

IV-4-2-1-Règle de Hebb :

La plus ancienne règle d'apprentissage repose sur le postulat de Hebb [85] établi à partir d'observations d'expériences de neurobiologie : si des neurones, de part et d'autre d'une synapse, sont activés de manière synchrone et répétée, la force de la connexion synaptique va aller croissant.

Cette règle peut s'exprimer de la façon suivante :

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta y_j(t) x_i(t) \qquad \textbf{(14)}$$

Où :

$x_i(t)$ et $y_j(t)$ sont les sorties au temps t des neurones

i et j dont le poids de connexion (entre i et j) vaut $w_{ij}(t)$

η est le coefficient d'apprentissage, où x_i est l'entrée de la synapse.

L'une des propriétés remarquables de cette règle est qu'elle exprime que l'apprentissage se fait localement c'est-à-dire que la modification de w_{ij} ne dépend que de l'activité des cellules i et j.

IV-4-2-2-Règle de correction d'erreurs :

Cette règle s'inscrit généralement dans le paradigme d'apprentissage supervisé, c'est-à-dire dans le cas où l'on fournit au réseau une entrée et la sortie correspondante.

Si on considère «y »comme étant la sortie calculée par le réseau, et «d »la sortie désirée, le principe de cette règle est d'utiliser l'erreur («d - y »), afin de modifier les connexions et de diminuer ainsi l'erreur globale du système.

Le réseau va donc s'adapter jusqu'à ce que «y» soit égal à «d ». Notez que l'apprentissage n'intervient seulement que lorsqu'une erreur est faite, dans le cas contraire, les poids demeurent inchangés. Cette règle est donc une forme modifiée de la règle d'apprentissage de Hebb [86].

IV-4-2-3-Apprentissage de Boltzmann :

Les réseaux de Boltzmann sont des réseaux symétriques récurrents. Ils possèdent deux sous groupes de cellules, le premier étant relié à l'environnement (cellules dites visibles) et le second ne l'étant pas (cellules dites cachées). Les machines de Boltzmann opèrent en deux modes distincts : le mode figé, dans ce cas les cellules visibles sont affectées à une valeur déterminée par l'environnement ; le mode libre évolution dans lequel l'ensemble des cellules, qu'elles soient visibles ou cachées, peuvent changer d'état librement. La règle d'apprentissage est de type stochastique, elle est dérivée de la théorie de l'information et des principes de la thermodynamique. L'objectif de cet apprentissage est d'ajuster les poids des connexions, de sorte que l'état des cellules visibles satisfasse une distribution probabiliste souhaitée. En accord avec la règle d'apprentissage de Boltzmann, les modifications se font par :[87]

$$\Delta wij = \eta(\overline{\rho ij} - \rho ij) \qquad \textbf{(15)}$$

où : η est le coefficient d'apprentissage ;

$\rho_{i\,j}$ (resp. $\rho_{i\,j}$) sont les corrélations entre les états i et j lorsque le système est en mode figé (resp. libre-évolution).

Les valeurs $\rho_{i\,j}$ et $\rho_{i\,j}$ sont classiquement estimées à l'aide de la méthode de Monte-Carlo qui est extrêmement lente.

IV-4-2-4-Règle d'apprentissage par compétitions :

A la différence de la règle de Hebb (dans laquelle plusieurs neurones peuvent être activés en sortie), cet apprentissage n'active qu'un seul neurone. Le principe de cet apprentissage est de classer les données en catégories. Les patrons similaires vont donc être rangés dans une même classe, en se basant sur les corrélations des données, et seront représentés par un seul neurone, on parle de «winner-take-all ». Dans un réseau à compétition simple, chaque neurone de sortie est connecté aux neurones de la couche

d'entrée, aux autres cellules de la couche de sortie (connexions inhibitrices) et à elle-même (connexion excitatrice). La sortie va donc dépendre de la compétition entre les connexions inhibitrices et excitatrices. Le résultat de la compétition est de choisir la cellule ayant la plus grande (ou la plus petite) entrée [88].

IV-5-Propriétés des réseaux de neurones :

Les réseaux de neurones à couches, présentés au paragraphe précédent, ont la propriété générale d'être des aproximateurs universels parcimonieux. Il s'agit en fait de deux propriétés distinctes détaillées ci-dessous.

IV-5-1-La propriété d'approximation universelle :

La propriété d'approximation universelle a été démontrée par [Cybenko,1989] et [Funahashi,1989] et peut s'énoncer de la façon suivante :

Toute fonction bornée suffisamment régulière peut être approchée uniformément, avec une précision arbitraire, dans un domaine fini de l'espace de ses variables, par un réseau de neurones comportant une couche de neurones cachés en nombre fini, possédant tous la même fonction d'activation, et un neurone de sortie linéaire.

Cette propriété justifie l'utilisation de l'architecture présentée précédemment. Comme le montre ce théorème, le nombre de neurones cachés doit être choisi convenablement pour obtenir la précision voulue [89].

IV-5-2-La propriété de parcimonie :

Ce résultat s'applique aux réseaux de neurones à fonction d'activation sigmoïdale puisque la sortie de ces neurones n'est pas linéaire par rapports aux poids synaptiques. Cette propriété montre l'intérêt des réseaux de neurones par rapport à d'autres approximateurs comme les polynômes dont la sortie est une fonction linéaire des paramètres ajustables: pour un même nombre d'entrées, le nombre de paramètres ajustables à déterminer est plus faible pour un réseau de neurones que pour un polynôme. [90]

Ce résultat s'applique aux réseaux de neurones à fonction d'activation sigmoïdale puisque la sortie de ces neurones n'est pas linéaire par rapport aux poids synaptiques. Cette propriété montre l'intérêt des réseaux de neurones par rapport à

d'autres approximateurs comme les polynômes dont la sortie est une fonction linéaire des paramètres ajustables: pour un même nombre d'entrées, le nombre de paramètres ajustables à déterminer est plus faible pour un réseau de neurones que pour un polynôme. [90]

IV-6-Principe et architecture du perceptron multicouche :

Le perceptron multicouches est un réseau comportant un nombre « n » de couche, chaque neurone d'une couche étant totalement connecté aux neurones de la couche suivante. Chaque neurone « P » est un automate linéaire généralisé dont la fonction de transfert F(P) est supposée sigmoïdale. (Rob 92).

L'algorithme d'apprentissage par rétro-propagation du gradient de l'erreur est un algorithme itératif qui a pour objectif de trouver le poids des connexions minimisant l'erreur quadratique moyenne commise par le réseau sur l'ensemble d'apprentissage. Cette minimisation par une méthode du gradient conduit à l'algorithme d'apprentissage de rétro-propagation (Lippmann, 87). [91]

Cet algorithme, qui présente l'avantage d'exister, reste discutable dans la mesure où sa convergence n'est pas prouvée. Son utilisation peut conduire à des blocages dans un minimum local de la surface d'erreur. Son efficacité dépend, en effet, d'un grand nombre de paramètres que doit fixer l'utilisateur : le pas du gradient, les paramètres des fonctions sigmoïdes des automates, l'architecture du réseau ; nombre de couches, nombre de neurones par couche..., l'initialisation des poids...

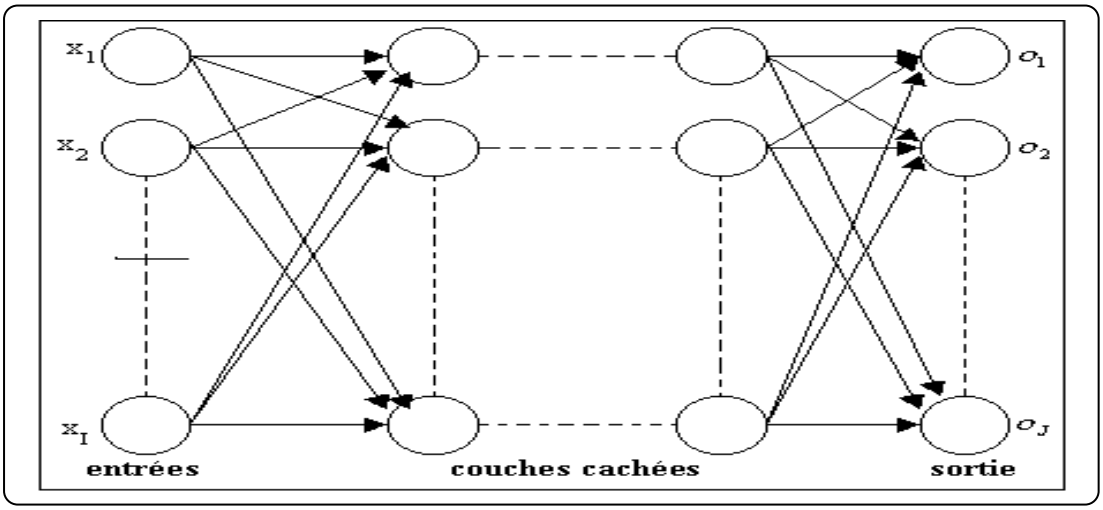


Fig. 39: Structure du perceptron multicouche.

La topologie d'un tel réseau est formée de plusieurs couches de neurones sans communication à l'intérieur d'une même couche (figure.39).

- ✓ Une couche en entrée qui représente les entrées auxquelles sont transmises les données à traiter en provenance d'une source extérieure au réseau ;
- ✓ Une ou plusieurs couches cachées effectuant le traitement spécifique du réseau ;
- ✓ Une en sortie qui délivre les résultats.

L'apprentissage est supervisé, c'est-à-dire que l'on présente au réseau, en même temps, une forme et son modèle. La fonction de transfert utilisée est une fonction sigmoïde, dont la dérivabilité joue un rôle important.

L'apprentissage dans ce type de structure consiste à appliquer des couples (entrées, sorties désirées) à l'entrée du réseau.

Une sortie réelle est calculée pour chaque neurone de la $j^{ème}$ couche. Ce calcul est effectué de proche en proche la couche d'entrée vers la couche de sortie, celle ci est appelée « propagation d'avant ». Ensuite l'erreur est calculée puis propagée dans le réseau, donnant lieu à une modification des poids. [92]

IV-6-1-Mise en fonction des réseaux de neurones

Wierenga et Kluytmans (1994) ont composés une démarche de quatre étapes principales que nous allons les suivre :

IV-6-1-1-Etape 1 : fixer le nombre de couches cachées :

A l'exception des couches d'entrée et de sortie, l'analyste doit décider du nombre de couches intermédiaires ou cachées. Sans couche cachée, le réseau n'offre que de faibles possibilités d'adaptation ; avec une couche cachée, il est capable, avec un nombre suffisant de neurones, d'approximer toute fonction continue [93]. Une seconde couche cachée prend en compte les discontinuités éventuelles.

IV-6-1-2-Etape 2 : déterminer le nombre de neurones par couches cachées :

Chaque neurone supplémentaire permet de prendre en compte des profils spécifiques des neurones d'entrée. Un nombre plus important permet donc de mieux coller aux données présentées mais diminue la capacité de généralisation du réseau. Ici non plus il n'existe pas de règle générale mais des règles empiriques. La taille de la couche cachée doit être :

· Soit égale à celle de la couche d'entrée.

· Soit égale à 75% de celle-ci.

· Soit égale à la racine carrée du produit des nombres dans la couche d'entrée et de sortie.

Notons que le dernier choix réduit le nombre de degrés de liberté laissés au réseau, et donc la capacité d'adaptation sur l'échantillon d'apprentissage, au profit d'une plus grande stabilité.

Une voie de recherche ultérieure consisterait soit à procéder à l'estimation d'un réseau comportant de nombreux neurones puis à le simplifier par l'analyse des multi colinéarités ou par une règle d'apprentissage éliminant les neurones inutiles ; soit à définir une architecture tenant compte de la structure des variables identifiée au préalable par une analyse en composantes principales. [94]

IV-6-1-3-Etape 3 : choisir la fonction d'activation :

Nous considérerons la fonction logistique pour le passage de la couche d'entrée à la couche cachée. Le passage de cette dernière à la couche de sortie sera soit linéaire, soit sigmoïde (logistique) selon nos types de variables.

IV-6-1-4-Etape 4 : choisir l'apprentissage :

L'apprentissage par rétro-propagation nécessite la détermination du paramètre d'ajustement des poids synaptiques à chaque itération.

La détermination du critère d'arrêt est aussi cruciale dans la mesure où la convergence peut passer par des minima locaux. [95]

IV-6-2-Algorithmes de Retro propagation :

L'algorithme de rétro-propagation a été développé en particulier par Rumelhart et Parkenet le Cun en 1985. Cet algorithme repose sur la minimisation de l'erreur quadratique entre les sorties calculées et celles souhaitées. Le terme rétro-propagation du gradient provient du fait que l'erreur calculée en sortie est transmise en sens inverse vers l'entrée. [96] En effet, l'algorithme nécessite une fonction continue, non linéaire et différentiable comme fonction de transfert du neurone.

L'algorithme du rétro propagation du gradient de l'erreur se résume aux étapes suivantes:

1 Initialisation des poids de connexions à des valeurs aléatoires de faible grandeur;

2 Présentation d'un couple (entrée, sortie désirée) de la base d'apprentissage ;

3 Présentation de la forme d'entrée sur la couche d'entrée du réseau ;

4 Calcul par propagation de la sortie;

5 Calcul des différents signaux d'erreur des différentes couches ;

6 Mise à jour des matrices de connexions ;

7 Tant que l'erreur est trop importante, retourner à l'étape 2

L'algorithme de rétro propagation du gradient, bien que très simple à implanter, nécessite un certain savoir-faire pour une utilisation efficace. En effet, la convergence de l'algorithme n'est pas prouvée et de multiples variables sont à ajuster précisément en fonction du problème traité.

IV-6-3-L'aspect pratique des réseaux de neurones :

IV-6-3-1-Le choix de réseau :

Malgré l'existence d'un nombre de travaux qui permettent pour une large classe de réseaux, de déterminer l'architecture optimale, l'analyste doit déterminer le nombre de couches cachées après celles des entrées et des sorties. Sans couche cachée le réseau présente une faible adaptation, mais avec une couche cachée et un nombre suffisant de neurones il est capable d'approximer toute fonction continue. Une seconde couche cachée prend en compte les discontinuités éventuelles. Cependant, on ne sait pas comment construire le réseau, ni combien de neurones sont nécessaires dans la couche cachée, ni combien de liens synaptiques. Pour résoudre ce problème plusieurs techniques ont été proposées, la plus intéressante est d'ajuster la taille du réseau (nombre de couches cachées, nombre de neurones par chaque couche, et nombre de poids) pendant la phase d'apprentissage, afin que sa complexité soit adaptée au problème à résoudre [97].

IV-6-3-2-Le test d'arrêt :

Le test d'arrêt est la mesure de performances du réseau pour savoir si la convergence du réseau est atteinte. On cherche à arrêter l'algorithme si l'erreur E est minimale c'est à dire si le gradient de l'erreur est proche de zéro. Généralement, le test d'arrêt est effectué en découpant la base de données en deux parties, une base d'apprentissage et une base de test, et en alternant des étapes d'apprentissage sur la base d'apprentissage et de mesure de performances sur la base de test jusqu'à atteindre des résultats satisfaisants.

IV-6-3-3-Le Choix du pas d'adaptation :

Les perceptrons multicouches sont les réseaux utilisés par les développeurs d'applications. Les résultats théoriques sur le mécanisme de comportement de ces réseaux sont encore très pauvres, mais des résultats satisfaisants ont été mis en valeur dans des domaines d'applications très divers. Pour les réseaux à rétro propagation, la réponse des cellules doit être une fonction non- linéaire de l'état d'activation de la cellule, les fonctions non linéaires les plus utilisées sont:

1/ La fonction logistique (logsig) : $$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad \textbf{(16)}$$

2/ La fonction tangente hyperbolique (tanh): $$f(x) = \frac{e^{x} - e^{-x}}{e^{x} + e^{-x}} \quad \textbf{(17)}$$

3/ La fonction tangente hyperbolique sigmoïde (tansig): $$f(x) = \frac{2}{(1+e^{-2x}) - 1} \quad \textbf{(18)}$$

Conclusion :

Les réseaux de neurones formels, tels que nous les avons défini, possèdent une propriété remarquable qui est à l'origine de leur intérêt pratique dans des domaines très divers ce sont : des approximations universels parcimonieux. Cette propriété de parcimonie est précieuse pour la conception du modèle quasi-statique du réseau de neurones pour l'optimisation des coûts et la prédiction des consommations en matière d'énergie seront présentés au chapitre suivant. La meilleure précision sera atteinte par utilisation d'une structure de réseau complexe et/ou l'utilisation d'un nombre important de données d'apprentissage. Des algorithmes standards des réseaux de neurones sont à employer.

Chapitre V :

Application des réseaux de neurones artificiels à l'optimisation et la gestion thermique des bâtiments.

V-1-Introduction :

Les réseaux de neurones artificiels sont appelés à confronter des problèmes complexes tels que l'optimisation et l'estimation des coûts ainsi que la prise de décision de financement des projets comme les projets de la réhabilitation des bâtiments. Les réseaux de neurones artificiels ont la capacité d'apprendre à partir d'exemples et détecter les relations qui lient les apports d'un produit ou un projet. Les réseaux de neurones artificiels sont appelés à résoudre des problèmes au moment où les solutions numériques sont difficiles à obtenir.

V-1-1-Composition du modèle :

Le modèle proposé dans le cadre de cette étude a été élaboré en trois phases : la phase de modélisation, la phase d'apprentissage et la phase de test.

La phase de modélisation implique la détermination des principaux paramètres et l'adoption de l'architecture du réseau avec ses lois. La phase d'apprentissage a été utilisée pour former le réseau pour qu'il choisit ses paramètres (poids). La phase test était utilisée pour la généralisation du modèle afin d'obtenir de meilleurs résultats pour des projets de future.

Le modèle proposé peut aider les estimateurs à gagner du temps, d'énergie en gaz et prendre une décision plus réaliste de choix entre le remplacement et la réparation des éléments de la construction responsable des pertes thermiques et énergétiques (systèmes d'isolation, pont thermique, fenêtres te portes… etc.). Il convient de souligner qu'avec des données de base sur le principe du coût significatif, il est possible d'obtenir une estimation assez précise.

V-1-2-L'organisation des données :

Avant de modéliser un réseau de neurones, on doit d'abord analyser soigneusement le problème à résoudre. Grâce à ce processus, les facteurs indépendants qui simulent ce problème sont identifiés et considérés comme des paramètres d'entrée (x_1, x_2, x_3 …) représentés par les tampons de nœud à l'entrée d'un réseau de neurones.

*V-1-3-Présentation des données :

Les données utilisées dans la présente étude, concernent des sites différents : Skikda, Azzaba et El harouche (centre). Ces trois sites ont été choisis en fonction de leurs tailles (urbanisation étalée) ainsi que leurs taux de consommation en énergie sont importants par rapport aux autres régions de la wilaya de Skikda.

Les données de base qu'on a utilisée sont des données météorologiques (Température, humidité, pluviométries, vitesse du vent) pour la région de Skikda pendant la période la plus froide : janvier, février et mars de l'année 2012, ainsi que des données de la consommation de l'énergie en gaz naturel (fortement utilisé dans le bâtiment pour activer le système de chauffage) facturé par les services de l'entreprise nationale de la distribution d'électricité et du gaz (Sonelgaz) dans la même période dont les mesures météorologiques ont été prises.

L'étude de ces données, à révéler donc les principaux paramètres à utiliser dans la modélisation et formulation de notre modèle neuronal.

V-2-Etape de modélisation de l'architecture du modèle :

L'étape de modélisation consiste en la conception de l'architecture du réseau de neurones, et le choix de sa structure et ses règles dépendent de certains nombres de facteurs tels que : les caractéristiques, la complexité et le nombre d'échantillons des données ainsi que la nature du problème à résoudre. Afin d'atteindre l'objectif, une procédure composée de trois étapes a été adopté. En premier lieu, un ensemble de données représente les mesures météorologiques et les types de constructions ont été utilisés pour identifier les principaux paramètres d'entrée du réseau de neurones. Dans la deuxième étape, un réseau de neurones artificiels a été conçu, puis le modèle a été testé sur des données distinctes pour adapter une meilleure architecture du réseau de neurones.

Le modèle actuel a été conçu pour inclure une couche d'entrée à huit paramètres d'entrée de traitement (nuerons) correspond aux huit paramètres d'entrée et une couche de sortie de deux éléments en tant que traitement de la cible. La couche cachée avec dix éléments de traitements a été choisie après plusieurs essais au cours de la phase d'apprentissage, le nombre d'éléments pour la couche cachée est aussi déterminé après plusieurs essais.

L'architecture du modèle adopté est illustrée sur la figure 41.

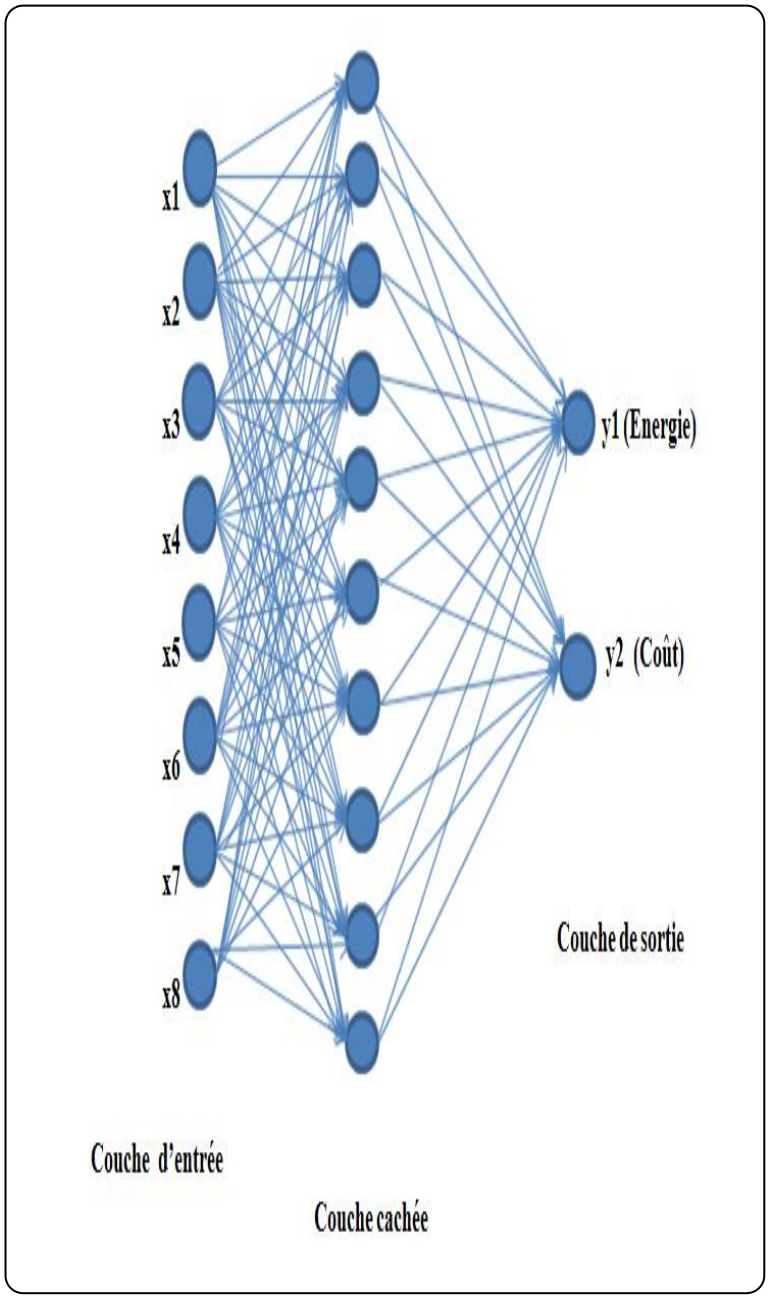


Fig. 40 : L'architecture du modèle de neurones.

Où :

X1 : Correspond à la localisation de la construction ;

X2 : Type de construction ;

X3 : La température min ;

X4 : La température maxi ;

X5 : La l'humidité min ;

X6 : La l'humidité maxi ;

X7 : La pluviométrie ;

X8 : La vitesse du vent ;

Y1 : La consommation d'énergie en gaz estimé;

Y2 : Le coût de la consommation de l'énergie en gaz estimé ;

Donc, le réseau est composé de trois couches, nous avons conçu les neurones d'entrée qui sont reliés à une couche cachée avec dix neurones (poids) par le biais de connexions et une couche de sortie de deux neurones.

V-3-Identification des paramètres de conception :

Des mesures météorologiques pour quatre-vingt-treize constructions ont été réparties en deux séries, l'une pour la formation du réseau de neurones, et la seconde pour valider la performance du réseau de neurones

Les données ont été normalisées entre -1 et 1, pour une bonne efficacité de traitement de l'apprentissage et la formation du modèle durant le développement afin de garantir la précision du réseau pendant l'apprentissage et d'éviter le changement des poids. La bonne préparation des données dans la première phase de la modélisation du réseau de neurones est une raison pour une meilleure performance du réseau de neurones

La fonction d'activation adoptée pour notre modèle est la tangente hyperbolique sigmoïde qui est une fonction de transfert de production qui génère des valeurs entre -1 et 1 et définit le comportement du modèle de réseau qui est représenté par l'équation (19)

$$f(x) = \frac{2}{(1+e^{-2x})-1} \qquad \textbf{(19)}$$

Où : x est le résultat de production du modèle lié à l'échantillon.

V-4-Phase l'apprentissage :

Un réseau de neurones ne pourra se formuler sans qu'il possède un ensemble de données qui entre dans le choix des paramètres. Les réseaux de neurones artificiels sont des applications là où une série des données est disponible pour qu'une bonne solution soit recherchée. Le point le plus important au moment de l'application du réseau de neurones artificiels est celui de déterminer les paramètres internes à appliquer dans le problème à traiter. L'algorithme de rétropropagation a été utilisé pour modéliser le réseau, le gradient descent dynamique et le paramètre du taux d'apprentissage qui ont été définis au démarrage de la phase de formation. Ils déterminent la vitesse et la stabilité du réseau. Le taux d'apprentissage détermine la qualité de modification des poids entre les neurones au cours de la formation itérative. Cette valeur varie entre 0 et 1. Un taux d'apprentissage de 0.1 débouche sur des variations par des changements sur le coefficient de pondération, qui se manifeste par une augmentation de l'erreur, pour cette étude le coefficient de pondération a été fixé sur la valeur de 0.1 après un nombre d'essais. L'algorithme de rétropropagation est le responsable de la réduction continue de l'erreur entre le résultat produit par le modèle et la cible de sortie. Il développe l'entrée à une sortie, par une minimisation de l'erreur moyenne au carré en une fonction de coût évalué la performance du modèle pendant le processus de formation.

L'erreur a été mesurée pour chaque cycle avec une valeur moyenne de 5% qui a été indiqué. Le processus de formation devrait être arrêté où la valeur de l'erreur quadratique moyenne reste stable pour un certain nombre d'époques.

V-5-Phase de test :

Pour la généralisation de la production de meilleur résultat sur des exemples invisibles, des essais ont été utilisés sur des données sélectionnées qui sont les vingt pour cent des échantillons d'étude pour deux catégories de travaux réhabilitations et entretien des constructions à usage d'habitation qui avait été exclus de la phase d'élaboration ont été

utilisées à des fins de tests. Un programme de simulation sur une feuille de calcul en Microsoft Excel a été utilisé pour tester notre modèle de fonction des poids adopté. L'évaluation de la précision de l'estimation de coût et consommation en gaz est effectuée en comparant la consommation et le coût réel avec celles qui ont été estimés

par le réseau de neurones l'approche commune est de déterminer l'erreur du coût en pourcentage (Ecp) et l'erreur moyenne des estimations (Em), qui peuvent être exprimées par les équations (20) et (21).

$$Ecp = \frac{Ve - Vr}{Vr} \times 100\% \qquad \textbf{(20)}$$

$$Em = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} Ecp_{(i)} \qquad \textbf{(21)}$$

Où : V_e est la valeur estimée par le réseau de neurones et

V_r est la valeur de consommation en énergie.

V-6-Etape de modélisation :

En suivant la procédure décrite auparavant pour simuler le réseau sur le programme de Microsoft Excel. Comme est montré dans le tableau (4), avec le texte transformé en valeurs en fonction de la notation utilisée dans la figure 41 les différentes étapes sont reproduites.

Etape 1. Préparation des données.

Dans cette étape on organise les données numériques de tel façon que toutes les données soient lisibles et faciles à comprendre. (Tab. 4)

Tab. 4 : Simulation du réseau de neurones pour les 99 échantillons étudiés.

		Paramètres d'entrées										
		N°	Location	Type de construction 1= Préfabriqués 2= Maçonneries	TEMPERATURE (°C)		HUMIDITE (%)		Pluviométrie (mm)	Vitesse du vent	Consommation Gaz Naturel	Montant En DA.
					MAX	MIN	MAX	MIN				
SKIKDA CENTRE.	Echantillon de teste	1	1	1	17	6	99	52	0	18	5699,00	1670,97
		2	1	1	18	8	99	48	0	25	6900,00	2060,10
		3	1	1	15	7	99	54	10	47	13166,00	4090,28
		4	1	1	16	8	99	52	5	25	11087,00	3416,68
		5	1	1	17	8	95	44	2	35	9184,00	2800,11
		6	1	1	17	8	90	36	4	50	8091,00	2445,98
		7	1	1	14	10	90	43	8	40	7476,00	2246,72
		8	1	1	16	7	93	51	5	25	5387,00	1569,88
		9	1	1	14	4	99	60	1	54	4030,00	1130,22
		10	1	1	15	6	98	59	15	14	8266,00	2502,68
		11	1	1	15	4	99	51	4	29	7808,00	2354,29
		12	1	1	16	4	99	44	1	14	5651,00	1655,42
		13	1	1	16	5	99	37	0	25	8559,00	2597,61
		14	1	2	13	6	87	48	3	25	11468,00	3540,13
		15	1	2	14	5	90	59	1	36	9720,00	2973,78
		16	1	2	14	4	95	44	0	36	6187,00	1829,08
		17	1	2	14	4	99	55	1	32	6558,00	1949,29
		18	1	2	13	3	99	69	3	25	6734,00	2006,31
		19	1	2	13	2	99	50	0	25	9886,00	3027,56
		20	1	2	14	3	99	45	1	25	6070,00	1791,18
		21	1	2	16	5	95	43	1	29	7417,00	2227,60
		22	1	1	16	5	99	44	12	18	6539,00	1943,13
		23	1	1	16	8	93	50	0	29	6207,00	1835,56
		24	1	1	17	9	82	46	0	50	6646,00	1977,80
		25	1	2	17	4	97	41	0	15	6832,00	2038,06
		26	1	2	17	4	99	41	0	18	7729,00	2328,69
	1	27	1	2	17	5	99	42	1	18	6441,00	1911,38
	2	28	1	2	17	5	99	43	3	22	6832,00	2038,06
	3	29	1	2	11	6	99	71	1	18	12600,00	3906,90
	4	30	1	2	10	6	99	78	6	25	8930,00	2717,82
	5	31	1	2	13	4	99	46	5	50	6792,00	2025,10
	6	32	1	2	13	4	99	46	3	29	6646,00	1977,80

	7	33	1	2	13	4	99	46	3	29	6578,00	1955,77
AZZABA,	Echantillon de teste	34	2	1	17	6	99	52	0	29	9320,00	2844,18
		35	2	1	18	8	99	48	0	61	7124,00	2132,67
		43	2	1	15	6	98	59	15	47	8061,00	2436,26
		44	2	1	15	4	99	51	4	43	3962,00	1108,18
		45	2	1	16	4	99	44	1	42	3718,00	1029,13
		46	2	1	16	5	99	37	0	68	3191,00	858,38
		47	2	2	13	6	87	48	3	47	2293,00	567,43
		48	2	2	14	5	90	59	1	43	9164,00	2793,63
		49	2	2	14	4	95	44	0	47	7027,00	2101,24
		50	2	2	14	4	99	55	1	47	12239,00	3789,93
		51	2	2	13	3	99	69	3	29	4587,00	1310,68
		54	2	2	16	5	95	43	1	40	6812,00	2031,58
		55	2	1	16	5	99	44	12	72	7739,00	2331,93
		56	2	1	16	8	93	50	0	12	9418,00	2875,93
		57	2	1	17	9	82	46	0	18	6441,00	1911,38
		58	2	2	17	4	97	41	0	22	7388,00	2218,21
		59	2	2	17	4	99	41	0	7	7173,00	2148,55
	8	60	2	2	17	5	99	42	1	47	9476,00	2894,72
	9	61	2	2	17	5	99	43	3	49	7710,00	2322,54
	10	62	2	2	11	6	99	71	1	25	8178,00	2474,17
	11	63	2	2	10	6	99	78	6	41	6705,00	1996,92
	12	64	2	2	13	4	99	46	5	41	8071,00	2439,50
	13	65	2	2	13	4	99	46	3	41	11428,00	3527,17
	14	66	2	2	13	4	99	46	3	41	7817,00	2357,20
EL HARROUCHE,		67	3	1	17	6	99	52	0	25	720,00	2708,87
		68	3	1	18	8	99	48	0	25	788,00	2993,04
		69	3	1	15	7	99	54	10	40	9760,00	2986,74
		70	3	1	16	8	99	52	5	36	662,00	2466,49
		71	3	1	17	8	95	44	2	13	1119,00	4376,29
		72	3	1	17	8	90	36	4	32	9447,00	2885,32
		73	3	1	14	10	90	43	8	43	7583,00	2281,39
		74	3	1	16	7	93	51	5	50	6568,00	1952,53
		75	3	1	14	4	99	60	1	54	8715,00	2648,16
		76	3	1	15	6	98	59	15	11	5963,00	1756,51
		77	3	1	15	4	99	51	4	57	8725,00	2651,40
		78	3	1	16	4	99	44	1	47	11468,00	3657,13
		79	3	1	16	5	99	37	0	22	8676,00	2635,52
		80	3	2	13	6	87	48	3	25	8530,00	2588,22
		81	3	2	14	5	90	59	1	29	6451,00	1914,62
		82	3	2	14	4	95	44	0	25	8149,00	2464,77
		83	3	2	14	4	99	55	1	25	8588,00	2607,01

Echantillon de teste

	84	3	2	13	3	99	69	3	13	7973,00	2407,75
	85	3	2	13	2	99	50	0	25	9223,00	2812,75
	86	3	2	14	3	99	45	1	36	8754,00	2660,79
	87	3	2	16	5	95	43	1	32	9974,00	3056,07
	88	3	1	16	5	99	44	12	40	8276,00	2505,92
	89	3	1	16	8	93	50	0	25	9193,00	2803,03
	90	3	1	17	9	82	46	0	25	8852,00	2692,54
	91	3	2	17	4	97	41	0	32	8735,00	2654,64
	92	3	2	17	4	99	41	0	36	8296,00	2512,40
	93	3	2	17	5	99	42	1	36	1346,00	260,60
15	94	3	2	17	5	99	43	3	29	6861,00	2047,46
16	95	3	2	11	6	99	71	1	32	6246,00	2023,70
17	96	3	2	10	6	99	78	6	22	7603,00	2287,87
18	97	3	2	13	4	99	46	5	14	8618,00	2616,73
19	98	3	2	13	4	99	46	3	31	8598,00	2610,25
20	99	3	2	13	4	99	46	3	31	9672,00	2958,22

Mini	1	1	10	2	82	36	0	7	662,00	260,60
Max	3	2	18	10	99	78	15	72	13166,00	4376,29

Etape 2. Normalisation des données.

Dans cette étape, les données d'entrée de la première matrice sont réduites à un intervalle [-1 à 1] en vue d'une meilleure adaptation de l'apprentissage de la fonction de transfert des réseaux de neurones. (Tab. 5)

Tab. 5 : Normalisation des données.

=2*(E9-E$103)/(E$104-E$103)-1

=2*(E9-E$103)/(E$104-E$103)-1

=2*(E9-E$103)/(E$104-E$103)-1

Normalisation de [-1 à 1]										
N°	Location	Type de construction 1= Préfabriqués 2= Maçonneries	TEMPERATURE (°C)		HUMIDITE (%)		Pluviométrie (mm)	Vitesse du vent	Consommation Gaz Naturel	Montant En DA.
			MAX	MIN	MAX	MIN				
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	y1	y2
1	-1	-1	1	0	1	0	-1	-1	-0,19	-0,31
2	-1	-1	1	1	1	0	-1	0	0,00	-0,13
3	-1	-1	0	0	1	0	0	0	1,00	0,86
4	-1	-1	1	1	1	0	0	0	0,67	0,53
5	-1	-1	1	1	0	-1	-1	0	0,36	0,23
6	-1	-1	1	1	0	-1	0	0	0,19	0,06
7	-1	-1	0	1	0	-1	0	0	0,09	-0,03
8	-1	-1	1	0	0	0	0	0	-0,24	-0,36
9	-1	-1	0	-1	1	0	-1	0	-0,46	-0,58
10	-1	-1	0	0	1	0	1	-1	0,22	0,09
11	-1	-1	0	-1	1	0	-1	0	0,14	0,02
12	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-0,20	-0,32
13	-1	-1	1	0	1	-1	-1	0	0,26	0,14
14	-1	1	0	0	0	0	-1	0	0,73	0,59
15	-1	1	0	0	0	0	-1	0	0,45	0,32
16	-1	1	0	-1	1	-1	-1	0	-0,12	-0,24
17	-1	1	0	-1	1	0	-1	0	-0,06	-0,18
18	-1	1	0	-1	1	1	-1	0	-0,03	-0,15
19	-1	1	0	-1	1	0	-1	0	0,48	0,34
20	-1	1	0	-1	1	-1	-1	0	-0,13	-0,26
21	-1	1	1	0	1	-1	-1	0	0,08	-0,04
22	-1	-1	1	0	1	-1	1	-1	-0,06	-0,18

	23	-1	-1	1	1	0	0	-1	0	-0,11	-0,23
	24	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	0	-0,04	-0,17
	25	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-0,01	-0,14
	26	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,13	0,00
1	27	-1	1	1	0	1	-1	-1	-1	-0,08	-0,20
2	28	-1	1	1	0	1	-1	-1	-1	-0,01	-0,14
3	29	-1	1	-1	0	1	1	-1	-1	0,91	0,77
4	30	-1	1	-1	0	1	1	0	0	0,32	0,19
5	31	-1	1	0	-1	1	-1	0	0	-0,02	-0,14
6	32	-1	1	0	-1	1	-1	-1	0	-0,04	-0,17
7	33	-1	1	0	-1	1	-1	-1	0	-0,05	-0,18
	34	0	-1	1	0	1	0	-1	0	0,38	0,26
	35	0	-1	1	1	1	0	-1	1	0,03	-0,09
	36	0	-1	0	0	1	0	0	0	-0,42	-0,54
	37	0	-1	1	1	1	0	0	-1	0,09	-0,03
	38	0	-1	1	1	0	-1	-1	1	-0,15	-0,27
	39	0	-1	1	1	0	-1	0	1	-0,07	-0,19
	40	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0,01	-0,11
	41	0	-1	1	0	0	0	0	0	-0,24	-0,36
	42	0	-1	0	-1	1	0	-1	0	0,48	0,34
	43	0	-1	0	0	1	0	1	0	0,18	0,06
	44	0	-1	0	-1	1	0	-1	0	-0,47	-0,59
	45	0	-1	1	-1	1	-1	-1	0	-0,51	-0,63
	46	0	-1	1	0	1	-1	-1	1	-0,60	-0,71
	47	0	1	0	0	0	0	-1	0	-0,74	-0,85
	48	0	1	0	0	0	0	-1	0	0,36	0,23
	49	0	1	0	-1	1	-1	-1	0	0,02	-0,11
	50	0	1	0	-1	1	0	-1	0	0,85	0,72
	51	0	1	0	-1	1	1	-1	0	-0,37	-0,49
	52	0	1	0	-1	1	0	-1	0	-0,20	-0,32
	53	0	1	0	-1	1	-1	-1	0	-0,03	-0,15
	54	0	1	1	0	1	-1	-1	0	-0,02	-0,14
	55	0	-1	1	0	1	-1	1	1	0,13	0,01
	56	0	-1	1	1	0	0	-1	-1	0,40	0,27
	57	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-0,08	-0,20
	58	0	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,08	-0,05
	59	0	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,04	-0,08
8	60	0	1	1	0	1	-1	-1	0	0,41	0,28
9	61	0	1	1	0	1	-1	-1	0	0,13	0,00
10	62	0	1	-1	0	1	1	-1	0	0,20	0,08
11	63	0	1	-1	0	1	1	0	0	-0,03	-0,16
12	64	0	1	0	-1	1	-1	0	0	0,19	0,06

13	65	0	1	0	-1	1	-1	-1	0	0,72	0,59
14	66	0	1	0	-1	1	-1	-1	0	0,14	0,02
	67	1	-1	1	0	1	0	-1	0	-0,99	0,19
	68	1	-1	1	1	1	0	-1	0	-0,98	0,33
	69	1	-1	0	0	1	0	0	0	0,46	0,32
	70	1	-1	1	1	1	0	0	0	-1,00	0,07
	71	1	-1	1	1	0	-1	-1	-1	-0,93	1,00
	72	1	-1	1	1	0	-1	0	0	0,41	0,28
	73	1	-1	0	1	0	-1	0	0	0,11	-0,02
	74	1	-1	1	0	0	0	0	0	-0,06	-0,18
	75	1	-1	0	-1	1	0	-1	0	0,29	0,16
	76	1	-1	0	0	1	0	1	-1	-0,15	-0,27
	77	1	-1	0	-1	1	0	-1	1	0,29	0,16
	78	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0	0,73	0,65
	79	1	-1	1	0	1	-1	-1	-1	0,28	0,15
	80	1	1	0	0	0	0	-1	0	0,26	0,13
	81	1	1	0	0	0	0	-1	0	-0,07	-0,20
	82	1	1	0	-1	1	-1	-1	0	0,20	0,07
	83	1	1	0	-1	1	0	-1	0	0,27	0,14
	84	1	1	0	-1	1	1	-1	-1	0,17	0,04
	85	1	1	0	-1	1	0	-1	0	0,37	0,24
	86	1	1	0	-1	1	-1	-1	0	0,29	0,17
	87	1	1	1	0	1	-1	-1	0	0,49	0,36
	88	1	-1	1	0	1	-1	1	0	0,22	0,09
	89	1	-1	1	1	0	0	-1	0	0,36	0,24
	90	1	-1	1	1	-1	-1	-1	0	0,31	0,18
	91	1	1	1	-1	1	-1	-1	0	0,29	0,16
	92	1	1	1	-1	1	-1	-1	0	0,22	0,09
	93	1	1	1	0	1	-1	-1	0	-0,89	-1,00
15	94	1	1	1	0	1	-1	-1	0	-0,01	-0,13
16	95	1	1	-1	0	1	1	-1	0	-0,11	-0,14
17	96	1	1	-1	0	1	1	0	-1	0,11	-0,01
18	97	1	1	0	-1	1	-1	0	-1	0,27	0,14
19	98	1	1	0	-1	1	-1	-1	0	0,27	0,14
20	99	1	1	0	-1	1	-1	-1	0	0,44	0,31

Fig. Courbe de Performance

Phase de développement

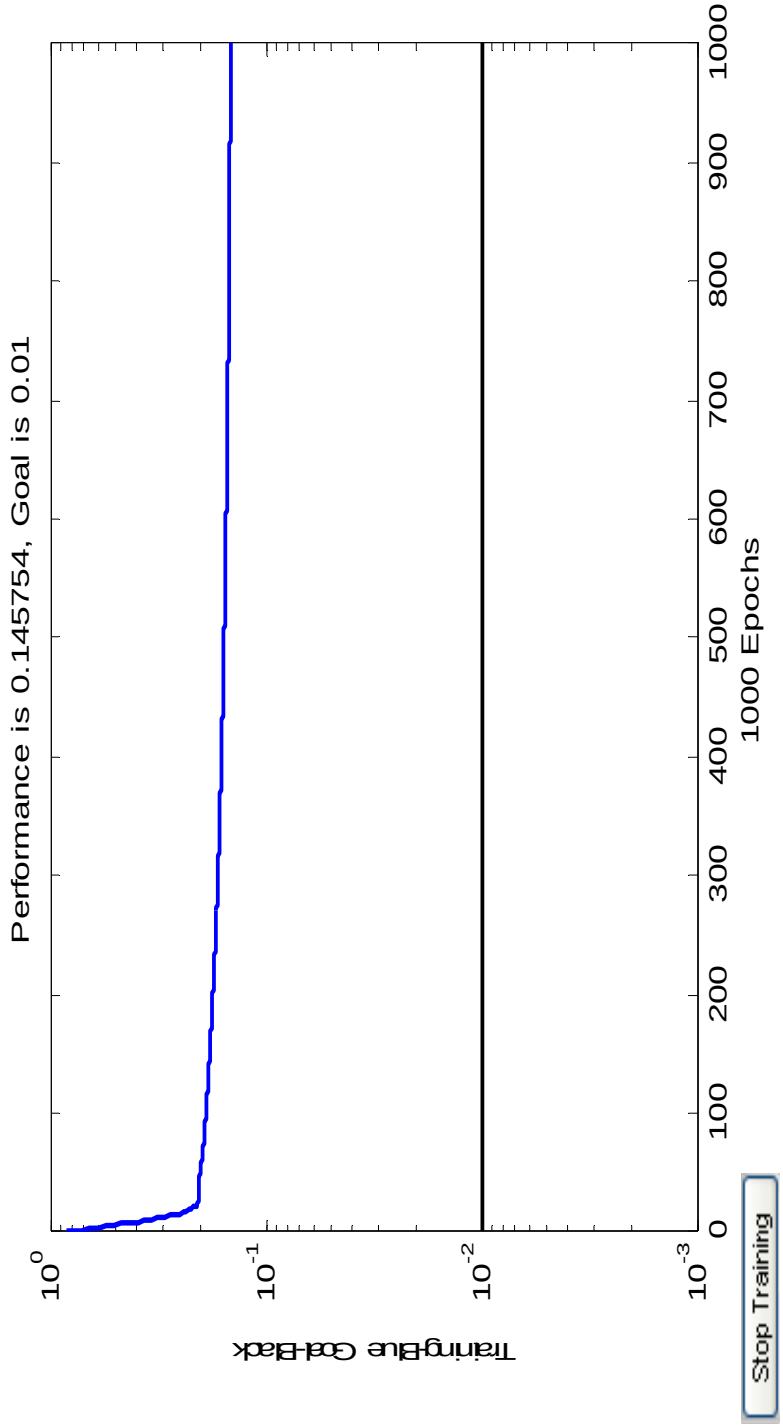


Fig. 41 : Performance est 0.145 en stade de développement.

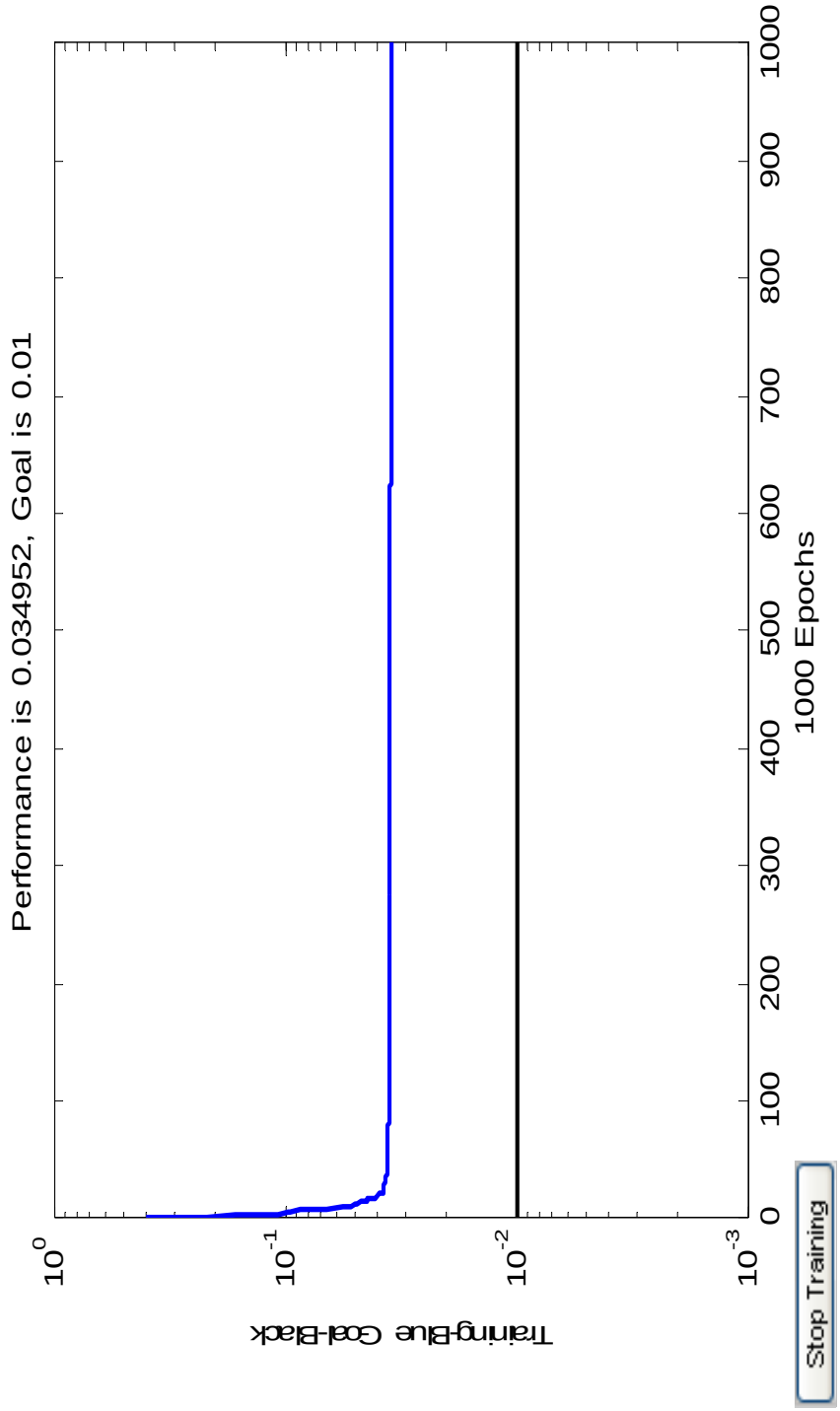


Fig. 42 : Performance est 0.034 en stade de développement.

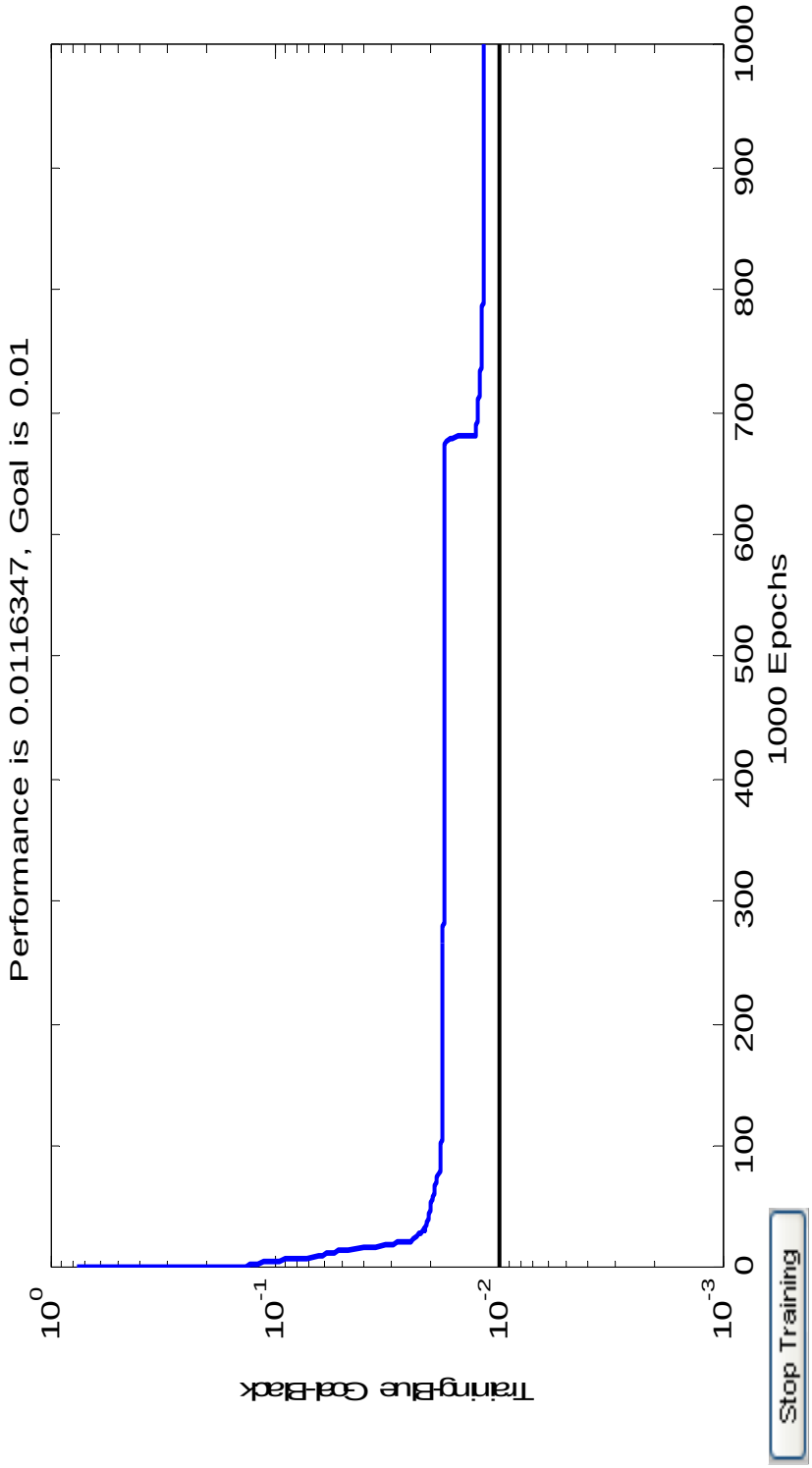


Fig. 43 : Performance est 0.0116 en stade de développement.

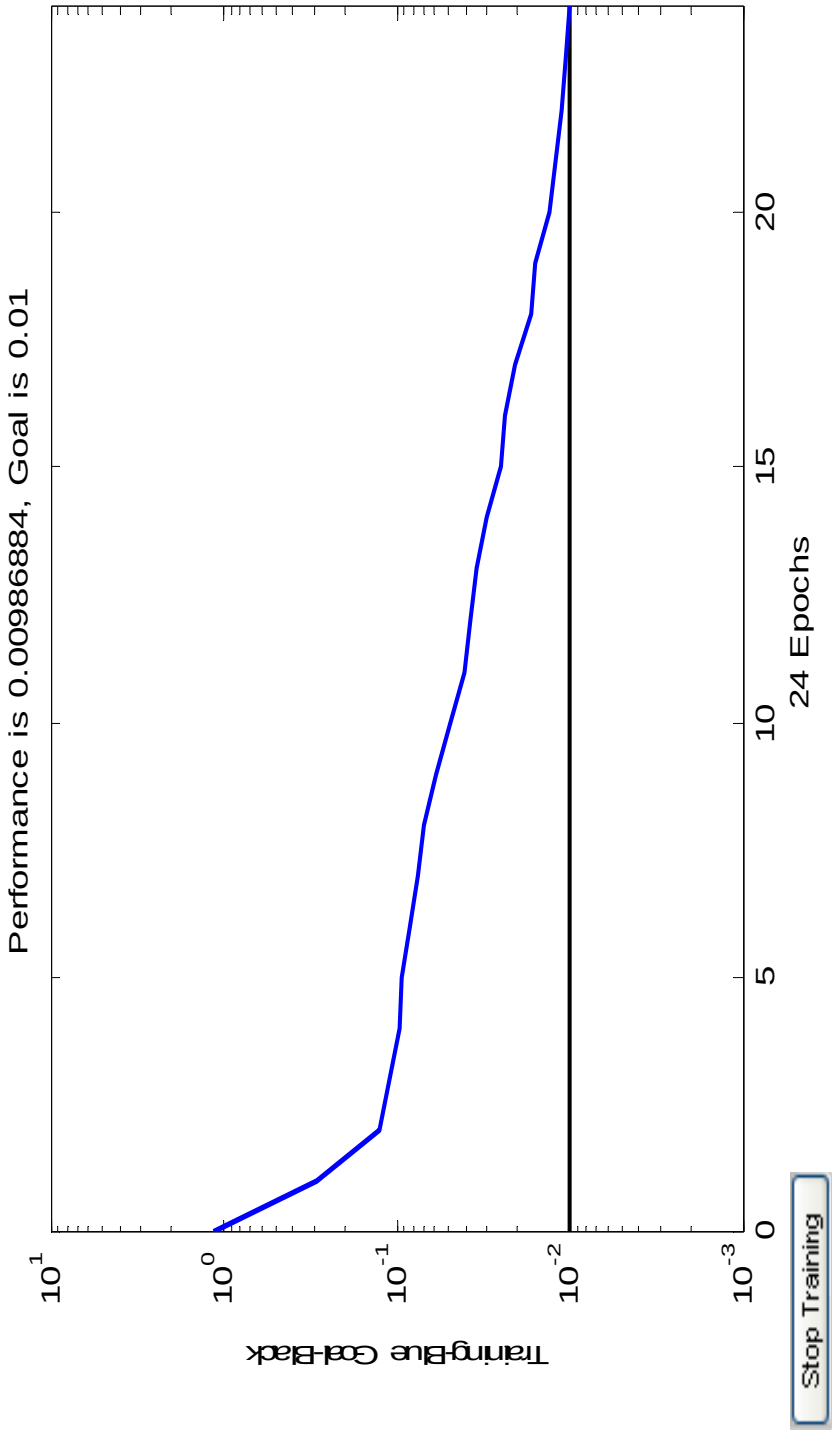


Fig. 44 : Performance est 0.0098 en stade de développement.

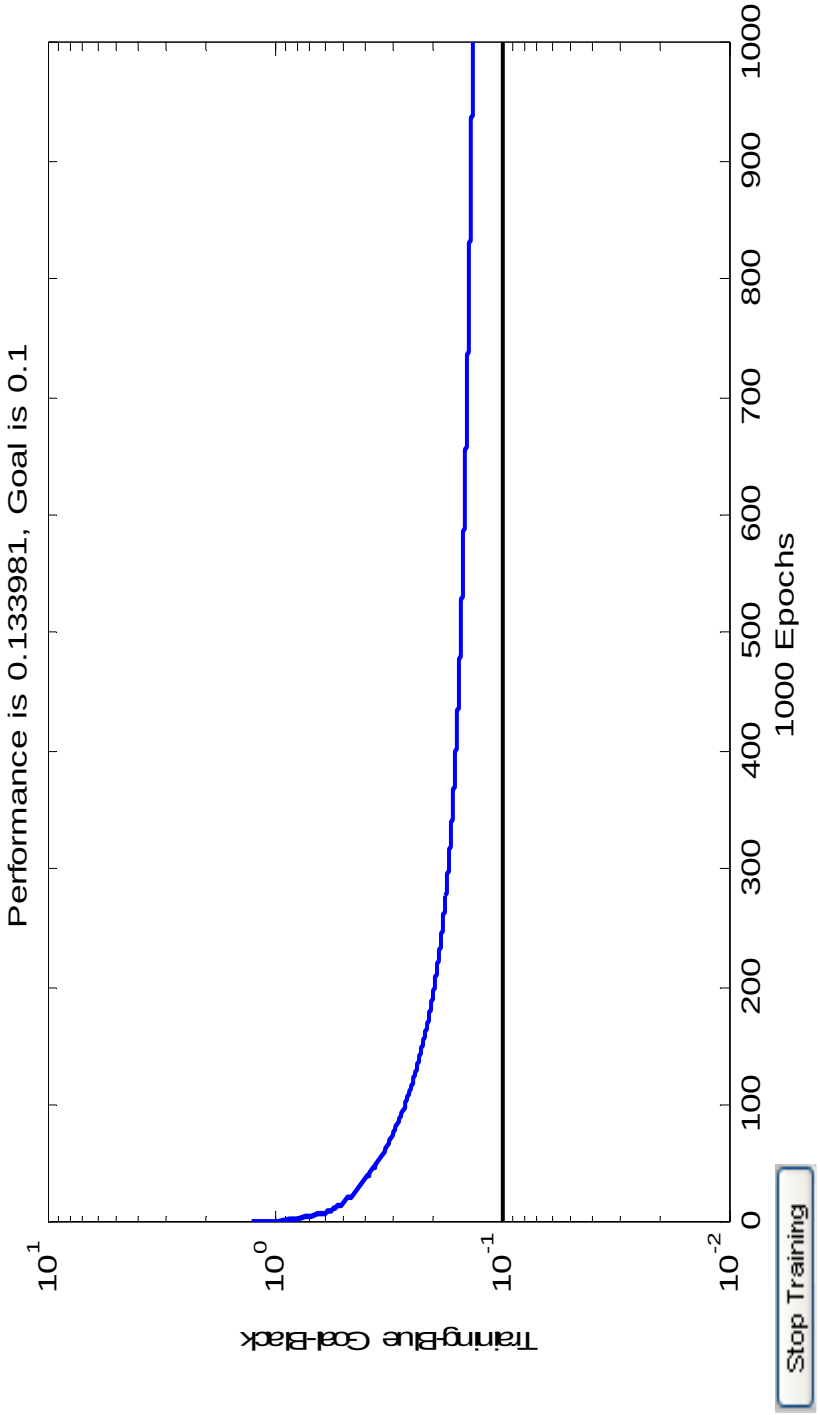


Fig. 45 : Performance est 0.1339 en stade de développement.

V-6-4-Résultats et interprétation :

La précision du modèle de consommation et de coûts développés par ce réseau de neurones artificiels est très précise. Il a été démontré par les résultats que le modèle fonctionne bien et aucune différence significative n'a pu être discernée entre les valeurs prédites et les valeurs réelles. Les résultats sont présentés dans le tableau 6.

Tab.6 : Résultats du modèle durant le teste

	Consommation d'énergie en gaz (m3)			Coût d'énergie en gaz (DA)		
N°	Valeur Réel	Valeur Simulé	Erreur (%)	Valeur Réel	Valeur Simulé	Erreur (%)
1	6441,00	6436,13	-0,076	1911,38	1891,60	-1,035
2	6832,00	6831,10	-0,013	2038,06	2024,43	-0,669
3	12600,00	12714,59	0,909	3906,90	3984,09	1,976
4	8930,00	8958,80	0,322	2717,82	2737,23	0,714
5	6792,00	6790,67	-0,020	2025,10	2010,85	-0,704
6	6646,00	6643,15	-0,043	1977,80	1961,25	-0,837
7	6578,00	6574,46	-0,054	1955,77	1938,15	-0,901
8	9476,00	9514,83	0,410	2894,72	2922,72	0,967
9	7710,00	7719,82	0,127	2322,54	2322,74	0,009
10	8178,00	8194,53	0,202	2474,17	2481,74	0,306
11	6705,00	6702,76	-0,033	1996,92	1981,30	-0,782
12	8071,00	8085,94	0,185	2439,50	2445,38	0,241
13	11428,00	11510,51	0,722	3527,17	3585,91	1,665
14	7817,00	7828,29	0,144	2357,20	2359,08	0,080
15	6861,00	6860,42	-0,008	2047,46	2034,29	-0,643
16	6246,00	6239,33	-0,107	2023,70	2009,38	-0,708
17	7603,00	7611,38	0,110	2287,87	2286,38	-0,065
18	8618,00	8641,49	0,273	2616,73	2631,23	0,554
19	8598,00	8621,16	0,269	2610,25	2624,43	0,543
20	9672,00	9714,67	0,441	2958,22	2989,31	1,051
	Erreur moyenne (Em)		0,188			0,088

L'analyse de régression a été utilisée pour déterminer la relation entre les valeurs prédites et réelles. Les résultats de l'analyse sont illustrés graphiquement. Les statistiques peuvent être interprétées que le coefficient de corrélation est de 0. 99, ce qui

indique que, il y a une bonne corrélation linéaire entre le réel et la valeur du réseau de neurones à la phase teste prédit. Les résultats de la régression linéaire, sont représentés graphiquement dans les figures. 46 et 47.

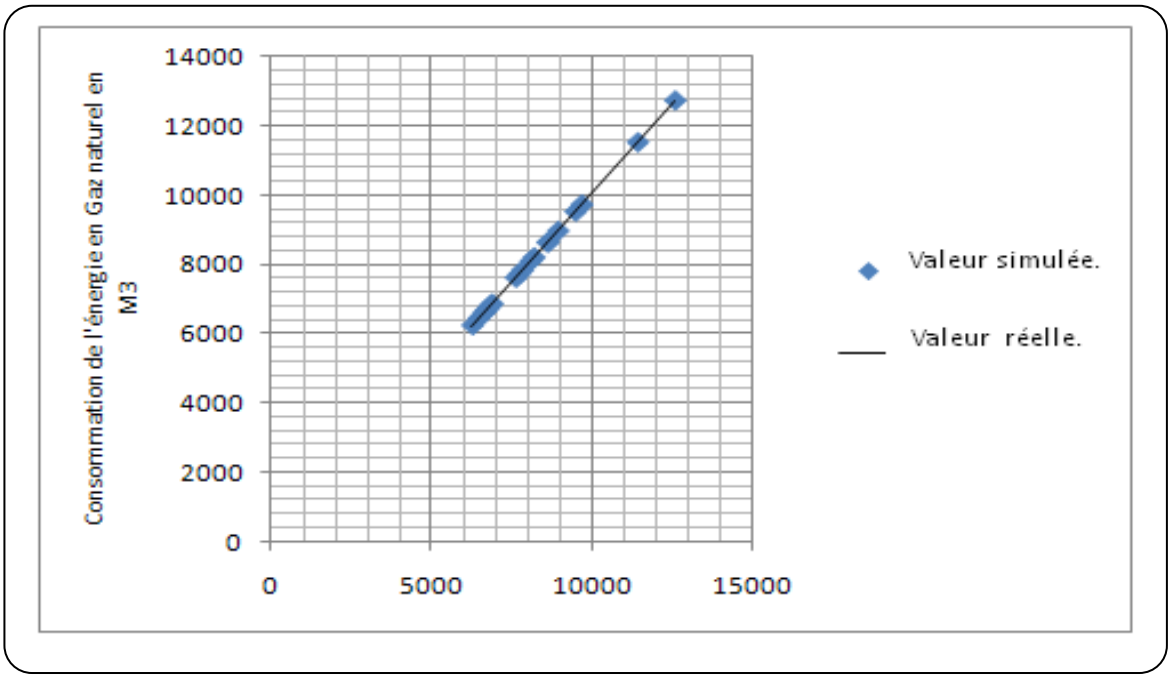


Fig. 46 : Ligne de régression de la consommation d'énergie réelle et estimée.

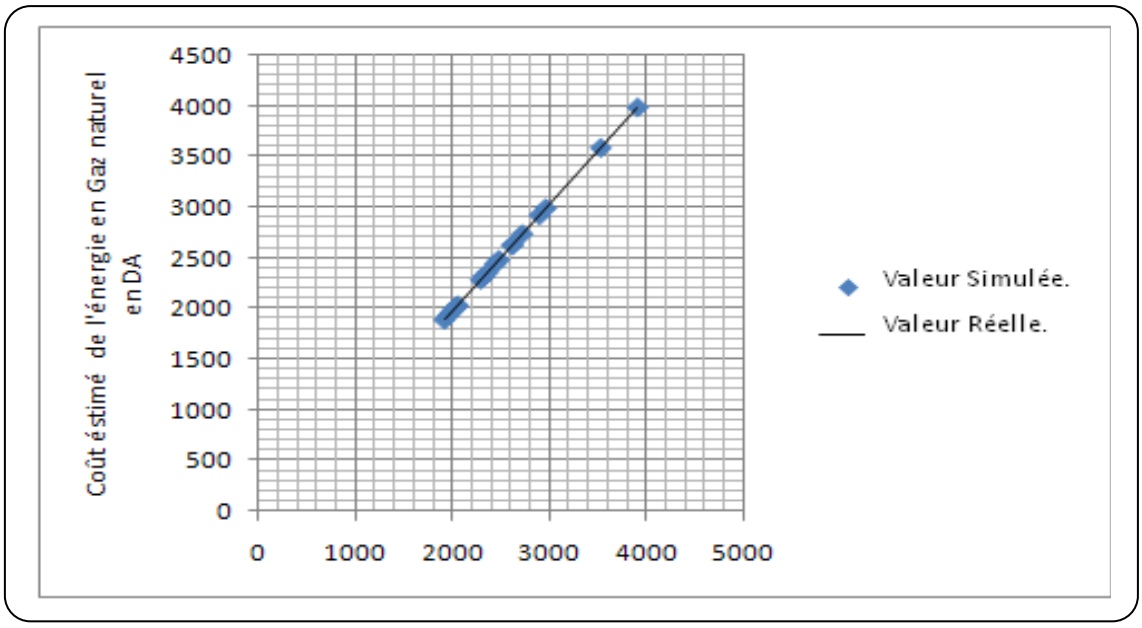


Fig. 47: Ligne de régression du coût réel et estimé.

La performance du modèle est évaluée en utilisant le pourcentage d'erreur de la consommation d'énergie et le pourcentage d'erreur des coûts. Le pourcentage d'erreur de chaque catégorie est représenté graphiquement sur les figures 48 et 49.

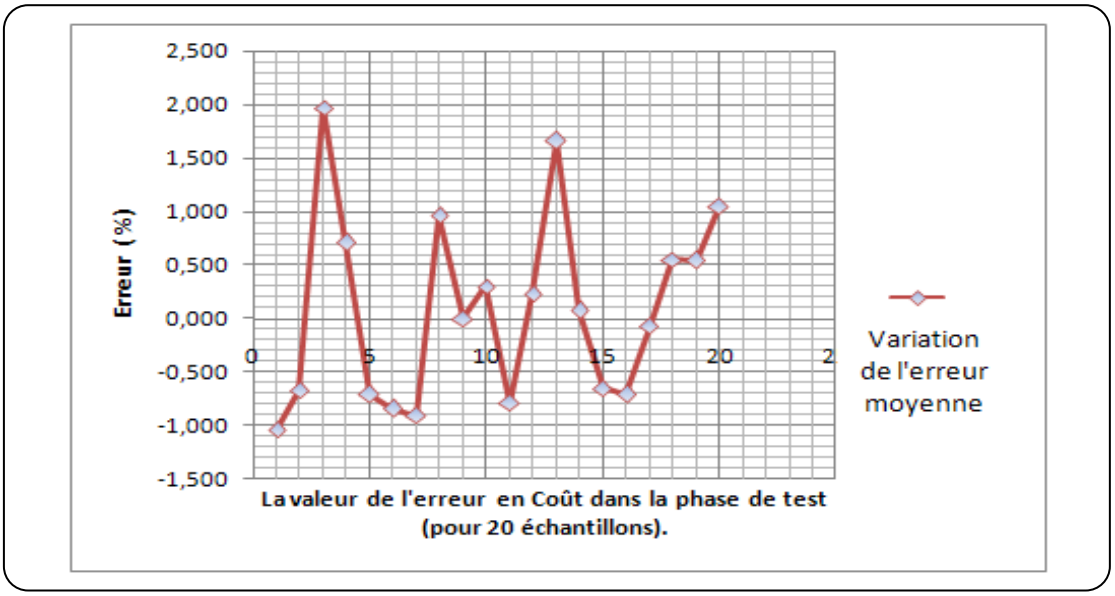


Fig. 48 : La variation de l'erreur dans la phase du test.

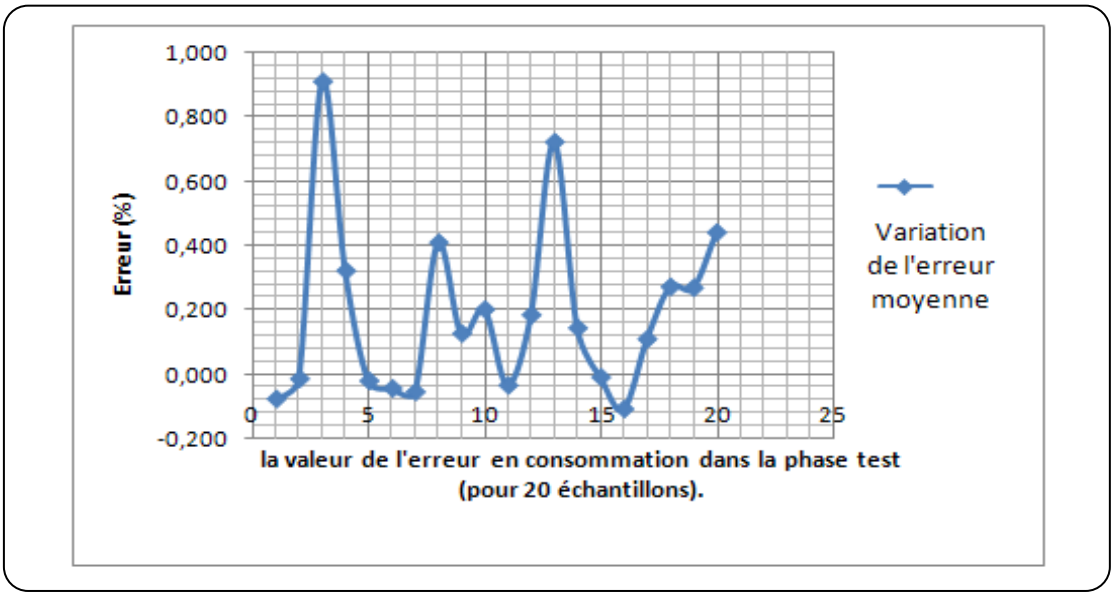


Fig. 49 : Rapport coût estimé et coût réel pour les vingt exemples dans la phase du test.

V-7-Conclusion :

Les éléments du climat : (soleil ; pluie ; vent humidité…) peuvent dégrader le bâtiment à cause de leurs effets sur son enveloppe (toiture ; murs ; ouverture …) cette dégradation va permettre une migration intense de l'énergie thermique de l'intérieur vers l'extérieur. Pour rattraper le niveau de confort thermique qui convient aux besoins de ses usagées il est nécessaire d'intervenir sur ce bâtiment par des travaux d'entretien ou de réhabilitation en général qui sont eux-mêmes des opérations longues et complexes ainsi que l'estimation de la consommation de l'énergie destinée au chauffage et leurs coûts ne sont pas toujours faciles à estimer par les spécialistes.

On utilisant des réseaux neuronaux artificiels (RNA) comme un outil pour gérer l'énergétique dans les logements résidentiels est un outil utile pour la modélisation et l'optimisation. Une fois le modèle RNA précis est élaboré, l'ingénieur en bâtiment peut facilement appliquer ce modèle pour estimer et évaluer la consommation énergétique des habitations et leur coût. Les résultats satisfaisants obtenus par le modèle ont montré que les RNA pourraient être un outil très utile pour la modélisation de la consommation d'énergie et leurs coûts de dépenses et que la réhabilitation soit récriée dans le cadre de la préservation de l'environnement.

Conclusion générale :

Certes il n'est plus à approuver que les émissions des GES dans la nature, soient les principales causes du changement climatique, et que leurs effets dévastateurs sont déjà apparus, représentent un danger pour l'homme comme pour tous les autres êtres vivants sur la terre. Afin de cerner ce problème et stabiliser les émissions du gaz de CO2, classé numéro un responsable du phénomène naturel de l'effet de serre, produit par la combustion des énergies fossiles non renouvelables. Plusieurs débats sur ce sujet ont été déclenchés partout dans le monde, puis ils sont couronnés par la signature de nombreux pays sur le protocole de Kyôto, lié directement à la politique énergétique, ses objectifs sont à réduire les émissions des gaz à effet de serre et stopper le changement climatique.

À travers notre étude on a déduit que le secteur du bâtiment est un secteur énergivore parmi il vient en second rang en émission des gaz du carbone (CO2) après celui de transport. Mais par contre le secteur du bâtiment peut être le secteur le plus promotionnel en vue l'économie d'énergie et la réduction du taux de CO2 dans l'atmosphère, si le processus de la réhabilitation thermique des bâtiments existants est actionné, optimisé et bien géré.

Notre étude était basée sur l'intelligence artificielle, plus précisément basée sur les systèmes de réseaux de neurones artificiels, qui ont connaît un grand succès dans divers domaines notamment dans la réhabilitation thermique de l'existant, l'objectif de cette étude ayant été de tester une variante de données climatiques, et de consommation énergétique pour la formation d'un modèle neuronal, qui présente un faible pourcentage d'erreur et qui peut calcul en peu de temps la consommation de l'énergie, ainsi que son prix afin d'estimer l'efficacité de l'opération de la réhabilitation thermique et la gérer ainsi qu'optimiser la consommation énergétique et réduire par conséquent l'émission des gaz polluants et répondre aux objectifs du protocole de Kyôto : la préservation de l'environnement et lutter contre le changement climatique.

[1] : Conséquence de réchauffement climatique. En ligne www.vedura.fr

[2] : Rapport N4^{eme} du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ,2007

[3] : **Gauzin**-**Müller D**. « L'architecture écologique, 29 exemples européens » éd Le Moniteur, 2001

[4] : **Moujalled B**. « Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés », Thèse de doctorat, Lyon 2007. p 17.

[5] : **Sidler O.** Directeur ENERTECH : « Les bâtiments à faible consommation d'énergie - Eléments de contexte» Journée technique sur l'étanchéité à l'air des bâtiments Dijon - 21 Novembre 2007.

[6] : **Nait N.** la réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants thèse de magistère Const2011. P1

[7] [8] : http://www.diplomatie.gouv.fr

[9] :**Foura S.** « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie » Thèse doctorat en science ,Univ-const,2008, P31.

[10] :Rapport National de l'Algérie : 19ème Session de la commission de développement durable des Nation Unie(CDD) Mai.2011.

[11] :**Michaellowa A.** « Les nouveaux mécanismes du marché carbone (N.M.M) en Algérie, Univ - de Zurich 2013[En ligne] http// :www.magrebemergent.com

[12] :**Medjelekh D**.«L'impacte de l'inertie thermique sur le confort hygrométrique et la consommation énergétique des bâtiments ; le cas de la habitation de l'époque colonial Guelma »Thèse de Magister, Univ-Cons 2006, PP 8-9.

[13] , [14] **:Missaoui Badreddine . R** « Gestion énergétique optimisée pour un bâtiment intelligent multi-sources multi-charges : differents principes de validations » Univ –Grenoble 2012, P1.

[15] ; [16] :**APRUE** : Agence national pour la rationalisation de l'énergie (Algérie).

[17] : **Foura S**. « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie » Thèse doctorat en science ,Univ-const,2008, P37.

[18] : **APRUE :** Agence national pour la rationalisation de l'énergie (Algérie).

[19] : **Foura S**. « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie » Thèse doctorat en science ,Univ-const,2008, P33

[20] : **Foura S**. « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie » Thèse doctorat en science ,Univ-const,2008, P34

[21] : APRUE **APRUE** : Agence national pour la rationalisation de l'énergie (Algérie).

[22] : **Foura S**. « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie » Thèse doctorat en science ,Univ-const,2008, PP35.

[23] :**S. Assyl** (2004) Revue de SONATRACH -Réseau N° 3 Avril 2004 p30.

[24] : **YACEF. A**_1997, Séminaire sur « *L'économie de l'énergie* », Alger,.

[25] : Ministère de l'énergie 2000_ bilan énergétique nationale de l'année 1999.

[26] : **Claude Alain R** « Energétique du bâtiments ».1987.P4

[27] : http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/air/19581

[28] : http://www.larousse.fr/encyclopedie.

[29] : http://www.larousse.fr/encyclopedie

[30] : http://www. larousse.fr /encyclopedie.

[31] : **Roulet C** « Energétique du bâtiment».1987.p9

[32] : http://www.climatechallenge.be

[33] : http://www.climatechallenge.be

[34] : http://www.Uved.fr

[35] : http://www.climatechallenge.be

[36] : http://www.climatechallenge.be

[37] : http://www.Uved.fr

[38] ;[39] : **Roulet .C** « Physique de bâtiment ». 2007. P5

[40] ; [41] : **Nicolas M et Edgard G :** « Energétique du bâtiment» 2007.PP. 4-8

[42] : **André P** : « température chaleur». 2013

[43] : http://www.iai.heig-vd.ch

[44] :**Medjelekh D**.«L'impacte de l'inertie thermique sur le confort hygrométrique et la consommation énergétique des bâtiments ; le cas de la habitation de l'époque colonial à Guelma »Thèse de Magister, Univ-Cons 2006, PP 33-47

[45] : **Medjelekh D**.«L'impacte de l'inertie thermique sur le confort hygrométrique et la consommation énergétique des bâtiments ; le cas de la habitation de l'époque colonial à Guelma »Thèse de Magister, Univ-Cons 2006, PP49-56

[46] : **Isover** « le guide de la thermique du bâtiment ».

[47] :http://www.énergieplus_lesite.be

[48] : : **Foura S**. « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie » Thèse doctorat en science ,Univ-const,2008, p59

[49] :**Nait N.** « la réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants »Thèse magister_univ-Cons-2011,pp 35-36.

[50] : **Sidi Mohamed** and al**l**,_ Réglementation thermique algérienne des bâtiments Contribution à la définition de nouveaux coefficients réglementaires,_ Revue Française de Génie Civil N6, 2002.

[En ligne] http://www.tandfonline.com

[51] : **Foura. S** «Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie», thèse de doctorat, université de Constantine, 2008, page 66.

[52] : **Laponche**, 2002, In Gayral L. « Gestion de l'énergie au sein du patrimoine bâti des collectivités territoriales européennes dans le cadre de la libéralisation des marchés : étude économique des mécanismes financiers favorisant l'investissement dans l'efficacité énergétique. » Thèse de doctorat, université de Paris, 2005, Page 10.

[53] : **Tareb**. « Chauffage et climatisation » Page 2.

[54] : [En ligne]http//:www.ecb_ch3_fr.

[55] :[En ligne] http://www. neanne.univ-tln.fr

[56] : [En ligne] http://www.developpement-durable.gouv.fr

[57] : Guide recommandation pour DPE ;[En ligne] http://www.planetegagante.fr

[58] : « Dictionnaire - environnement » ;[En ligne] http://www.planetegagante.fr

[59] : Nait N. « la réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants »Thèse magister_univ-Cons-2011,p 40.

[60] : NAIT N. «La réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants».

thèse de magistère, université de Constantine, 2011, Page 53.

[61] : Pascale . J. « La réhabilitation des bâtiment .Paris 1999. Le Moniteur.

[62] :**Orselli in Nait N.** la réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants» Thèse magister_univ- Cons-2011_54p.

[63] : Bilan énergétique national 2007

[64] : **Picot B , Robin A, Sant N.** 2011« Concilier amélioration énergétique et préservation du bâti des immebles XIX à Lion Parti 1 » _3p.

[65] : Moudjalled B in Nait these la réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants» Thèse magister_univ- Cons-2011_56p.

[66] :Techniques d'ingénieur

[67] : **Alain .(**2005) trétait d'architecture et d'urbanisme bioclimatique.

[68] : **Mazari Med** » « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public :Cas du département d'architecture de Tamda Tizi-Ouzou »Univ -Tizi-Ouzou_2012 p7

[69] : **Neuf :**Climat intérieur/confort, Santé, confort visuel »Revu européenne d'architecture N77 Nov.-Déc. 1978.p12

[70] : http://app.bruxellesenvironnement.be

[71] :[En ligne] http//www.univ-provenc.fr

[72] ; [73] : **Bouabaz. M.** « Perspective sur les réseaux de neurones artificiels » 2009.

[74] : **Claud Z.** << Introduction au connexionnisme >> P.3. [En ligne http//www.gsite.univ-Provence.fr

[75] : **Bouabaz. M.** « Perspective sur les réseaux de neurones artificiels » 2009.

[76] : **Claud Z.1992** << Introduction au connexionnisme >>. [En ligne] http//www.gsite.univ-Provence.fr

[77] : **Hornik K., Stinchcombe M., White H**., « Multilayer Feed forward Networks are Universal Approximators, Neural Networks, 1989_Vol.2, p.359-366,

[78] ; [79] : **Chemakh. A** « optimisation des procédés de mise en forme par les réseaux de neurones artificiels » Thèse doctorat. Ecole nationale d'ingénieurs de Monastir Tunisie.2007_p36

[80] : **Claud Z**. « Les réseaux de neurones artificiels ; introduction au connexionnisme » 1992_pp3-36

[81] ; [82] : **Paquet P** « l'utilisation des réseaux de neurones artificiels en finance ».2007_ 6p

[83] : **Manuel C**. « Réseaux de neurones artificiels ».[En ligne] http//www.deptinfo.unice.fr

[84] : **Chemakh. A** « optimisation des procédés de mise en forme par les réseaux de neurones artificiels » . 2007. Ecole nationale d'ingénieurs de Monastir t Tunisie.

[85] : **Hebb** The organization of behavior :A neuropsychological theory.Wiley,1949

[86], [87] , [88] :**Karin.V** « Réseau de neurone ».[En ligne] http//www.conam,neny.com

[89] : **Karin.V** « Réseau de neurone ».[En ligne] http//www.conam,neny.com

[90] : **Lamamra K.** « Optimisation multi-objectifs par les algorithmes génétiques et application à la commande des systèmes» Thèse doctorat_univ-Cons_2012. p 26

[91] : **Karin.V** « Réseau de neurone ».[En ligne] http//www.conam,neny.com

[92] :http// :ryouns.net/cours.

[93], [94]**: Kurt Hornik**, « Approximation capabilities of multilayer feed forward networks, Neural Networks», v.4 n.2, p.251-257, 1991

,[95] ,[96] : http// :ryouns.net/cours.

[97] : **Bouabaz M**. «Perspective sur les réseaux de nuerons artificiels»2009 p91.

Annexe:

Les données météorologiques :

C O J A A L

Consortium Japonais pour Autoroute Algérienne

CAMP 05 et 06

Laboratoire Camp 05	Procès verbal de laboratoire Rapport Météo	janvier-12

Date	PLUVIOMETRIE (mm)					TEMPERATURE (°C		HUMIDITE (%)	
	0:00～6:00	6:00～12:00	12:00～18:00	18:00～24:00	Tot	MAX-I	MIN	MAX	MIN
01/01/2012	0	0	0	0	0	17	6	99	52
02/01/2012	0	0	0	0	0	18	8	99	48
03/01/2012	5	0	0	1	6	15	7	99	54
04/01/2012	0,5	0	0	0	0,5	16	8	99	52
05/01/2012	0	0	0	0	0	16,5	8	94,5	44
06/01/2012	0	0	0	0	0	17	8	90	36
07/01/2012	0	0	0	0	0	14	10	90	43
08/01/2012	0	0,5	0	0	0,5	16	7	93	51
09/01/2012	0	0	0	0	0	14	4	99	60
10/01/2012	0	0	0	0	0	15	6	98	59
11/01/2012	0	0	0	0	0	15	4	99	51
12/01/2012	0	0	0	0	0	16	4	99	44
13/01/2012	0	0	0	0	0	16	5	99	37
14/01/2012	0	0	0	0	0	13	6	87	48
15/01/2012	0	0	0	0	0	14	5	90	59
16/01/2012	0	0	0	0	0	14	4	95	44
17/01/2012	0	0	0	0	0	14	4	99	55
18/01/2012	7,5	2,5	0	0	10	13	3	99	69
19/01/2012	0	0	0	0	0	13	2	99	50
20/01/2012	0	0	0	0	0	14	3	99	45
21/01/2012	0	0	0	0	0	16	5	95	43
22/01/2012	0	0	0	0	0	16	5	99	44
23/01/2012	0	0	0	0	0	16	8	93	50
24/01/2012	0	0	0	0	0	17	9	82	46
25/01/2012	0	0	0	0	0	17	4	97	41
26/01/2012	0	0	0	0	0	17	4	99	41
27/01/2012	0	0	0	0	0	17	4,5	99	42
28/01/2012	0	0	0	7	7	17	5	99	43
29/01/2012	0	1	2	0	3	11	6	99	71
30/01/2012	0	1	0	7	8	10	6	99	78
31/01/2012	4	8	3,5	0	15,5	13	4	99	46

Etabli Par	Vérifié Par
P/ Ingénieur de laboratoire	Control Interne Laboratoire
R , BOULFERKAT	S,HADJILA

C O J A A L

Consortium Japonais pour Autoroute Algérienne

CAMP 05 et 06

Laboratoire Camp 05	Procès verbal de laboratoire Rapport Météo	février-12

Date	PLUVIOMETRIE (mm)					TEMPERATURE (°C)		HUMIDITE (%)	
	0:00～6:00	6:00～12:00	12:00～18:00	18:00～24:00	Tot	MAX-I	MIN	MAX	MIN
01/02/2012	0	0	0	0	0	16	4	89	36
02/02/2012	0	0	0	0	0	18	6	88	29
03/02/2012	0	3	1	20	24				
04/02/2012	2	5	4	3	14	7	1	99	85
05/02/2012	1	0	0	0	1	6	1	94	66
06/02/2012	2	0	4	1	7	9	3	96	51
07/02/2012	1	0,5	0,5	0	2	8	2	95	44
08/02/2012	1	0	0	0	1	9	4	99	6
09/02/2012	0,5	0	0	0	0,5				
10/02/2012	0	0	0	0,5	0,5	12	1	99	55
11/02/2012	1,5	1	0	8	10,5	10	1	99	52
12/02/2012	1	0	0,5	0	1,5	8	1	99	56
13/02/2012	0	0	0	0	0	10	0	99	47
14/02/2012	10	0	0	0	10	10	3	94	46
15/02/2012	0	2	0	0	2	11	5	91	59
16/02/2012	0	0	0	0,5	0,5	12	6	99	58
17/02/2012	1,5	0	0	0	1,5	14	2	99	55
18/02/2012	0	0	0	0	0	16	2	99	33
19/02/2012	0	0	0	0	0	16	3	99	36
20/02/2012	0	0	1	1	2	14	5	99	52
21/02/2012	1,5	0	0	0	1,5	13	5	96	48
22/02/2012	0	5	24	8	37	10	8	99	86
23/02/2012	0	0	0	0	0				
24/02/2012	0	0	0	0	0	16	4	99	44
25/02/2012	0	0	0	0	0	18	4	99	41
26/02/2012	0	0	0	0	0	16	6	89	41
27/02/2012	0	0	0	0	0	18	4	99	46
28/02/2012	0	0	0	0	0	17	4	99	51
29/02/2012	0	0	0	0	0	17	3	99	47

Etabli Par	Vérifié Par
P/ Ingénieur de laboratoire	Control Interne Laboratoire
R , BOULFERKAT	S,HADJILA

C O J A A L

Consortium Japonais pour Autoroute Algérienne

CAMP 05 et 06

Laboratoire Camp 05	Procès verbal de laboratoire Rapport Météo	mars-12

Date	PLUVIOMETRIE (mm)					TEMPERATURE (°C)		HUMIDITE (%)	
	0:00～6:00	6:00～12:00	12:00～18:00	18:00～24:00	Tot	MAX-I	MIN	MAX	MIN
01/03/2012	0	0	0	0	0	17	4	99	47
02/03/2012	0	0	0	0	0	23	7	99	31
03/03/2012	0	0	0	0	0	20	7	95	41
04/03/2012	0	0	0	0	0	19	10	86	35
05/03/2012	0	0	5	0	5	16	8	99	56
06/03/2012	0	0	3	1	4	13	5	99	58
07/03/2012	23	0	0	0	23	14	4	98	52
08/03/2012	0	0	5,5	6,5	12				
09/03/2012	0	0	0	1,5	1,5	15	4	99	50
10/03/2012	8	10	19	6	43	11	9	99	81
11/03/2012	0	0	0	0	0	15	6	99	45
12/03/2012	0	0	0	0	0	17	4	99	45
13/03/2012	0	0	0	0	0	19	5	99	37
14/03/2012	0	0	0	0	0	22	5	99	25
15/03/2012	0	0	0	0	0	22	6	97	31
16/03/2012	0	0	0	0	0	26	12	71	20
17/03/2012	0	0	0	0	0	26	10	99	20
18/03/2012	0	0	0	0	0	28	8	98	19
19/03/2012	0	0	0	0	0	21	10	97	48
20/03/2012	0	0	0	0	0	26	12	90	14
21/03/2012	0	0	0	0	0	27	16	40	14
22/03/2012	0	0	0	0	0				
23/03/2012	0	0	0	0	0	27	10	99	22
24/03/2012	0	0	0	0	0	20	10	96	59
25/03/2012	0	0	0	0	0	21	7	99	42
26/03/2012	0	0	0	0	0	23	10	97	31
27/03/2012	0	0	1,5	0	1,5	22	12	99	43
28/03/2012	1	0	0	0	1	24	12	97	30
29/03/2012	0	0	0	0	0				
30/03/2012	3	2	4	1	10	22	9	99	43
31/03/2012	0	0	0	0	0	25	10	97	23

Etabli Par	Vérifié Par
P/ Ingénieur de laboratoire	Control Interne Laboratoire
R , BOULFERKAT	S,HADJILA

C O J A A L

Consortium Japonais pour Autoroute Algérienne

CAMP 05 et 06

Laboratoire Camp 05	Procès verbal de laboratoire Rapport Météo	avril-12

Date	PLUVIOMETRIE (mm)					TEMPERATURE (°C)		HUMIDITE (%)	
	0:00~6:00	6:00~12:00	12:00~18:00	18:00~24:00	Tot	MAX-I	MIN	MAX	MIN
01/04/2012	0	0	0	0	0	26	12	99	33
02/04/2012	0	0	0	0	0	22	10	99	54
03/04/2012	0	0	0	1	1	22	10	99	51
04/04/2012	6,5	0	0	11	17,5	22	8	99	50
05/04/2012	0	0	0	0	0	22	12	99	42
06/04/2012	0	0	0	6	6	18	9	99	74
07/04/2012	0,5	0	0	0	0,5	22	9	95	32
08/04/2012	0	0	0	0	0	20	9	90	33
09/04/2012	0	0	0	0	0	23	9	96	32
10/04/2012	0	0	0	0	0	31	12	83	20
11/04/2012	0	0	0	0	0	24	11	94	35
12/04/2012	0	0	0	1	1	23	13	99	49
13/04/2012	2	0	1	2	5	16	9	97	67
14/04/2012	3	1	0	0	4	19	12	84	41
15/04/2012	0	0	2	5	7	20	8	98	40
16/04/2012	8,5	0,5	0	0	9	17	8	99	43
17/04/2012	1,5	6,5	1	1	10	14	4	97	49
18/04/2012	0	0	0	0	0	25	11	93	27
19/04/2012	0	0	0	0	0	19	12	74	44
20/04/2012	0	0	0	0	0	22	8	90	38
21/04/2012	0	0	0	0	0	27	12	91	24
22/04/2012	0	0	0	0	0	26	13	95	39
23/04/2012	0	0,5	0	0	0,5	24	10	99	41
24/04/2012	0	0	0	0	0	27	11	98	26
25/04/2012	0	0	0	0	0	30	14	91	23
26/04/2012	0	0	0	0	0	36	17	58	14
27/04/2012	0	0	0	0	0	35	20	60	14
28/04/2012	0	0	0	0	0	36	16	83	14
29/04/2012	0	4	0	0	4	20	13	99	67
30/04/2012	0	4	0	0	4	23	11	92	35

Etabli Par	Vérifié Par
P/ Ingénieur de laboratoire	Control Interne Laboratoire
R , BOULFERKAT	S,HADJILA

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANCE METEOROLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 02 JANVIER 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 01 JANVIER 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Nord-ouest	18 Km/h	01	17	0
SETIF	Sud-ouest	14 km/h	-01	13	0
MILA	Sud-ouest	14 km/h	05	14	0
CONSTANTINE	Nord-est	11 km/h	02	16	0
GUELMA	Nord-ouest	18 Km/h	03	19	0
SKIKDA	/	/	11	20	0
ANNABA	Sud-ouest	40 km/h	10	19	0
EL TARF	/	/	11	15	0

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: 02nd January,2011
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ Day 01st January 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	North-West	18 Km/h	01	17	0
SETIF	South-West	14 Km/h	-01	13	0
Mila	South-West	14 Km/h	05	14	0
Constantine	North-East	11 Km/h	02	16	0
Guelma	North-West	18 Km/h	03	19	0
Skikda	/	/	11	20	0
Annaba	South-West	40 Km/h	10	19	0
El Tarf	/	/	11	15	0

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANCE METEOROLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 16 JANVIER 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 15 JANVIER 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Nord-ouest	29 Km/h	02	12	0,2
SETIF	Sud-ouest	36 Km/h	-02	10	0
MILA	Ouest	40 Km/h	06	12	0
CONSTANTINE	Sud-ouest	32 Km/h	00	12	0
GUELMA	Nord-ouest	36 km/h	03	13	0
SKIKDA	/	/	09	14	0
ANNABA	Sud-ouest	36 Km/h	09	15	0.1
EL TARF	/	/	10	16	1.5

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: 16th January,2012
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ Day 15th January 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	North-West	29 Km/h	02	12	0.2
SETIF	South-West	36 Km/h	-02	10	0
Mila	West	40 Km/h	06	12	0
Constantine	South-West	32 Km/h	00	12	0
Guelma	North-West	36 Km/h	03	13	0
Skikda	/	/	09	14	0
Annaba	South-West	36 Km/h	09	15	0.1
El Tarf	/	/	10	16	1.5

01/02/2012 09:40 DE : Fax ONM A : 031971916 PAGE : 002 DK 002

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANCE METEOROLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 01 FEVRIER 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 31 JANVIER 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Nord	29 km/h	01	10	0
SETIF	Nord-ouest	25 km/h	00	05	2
MILA	Nord-ouest	43 km/h	04	09	3
CONSTANTINE	Nord-ouest	54 km/h	04	10	1
GUELMA	Nord-ouest	50 km/h	07	13	0.5
SKIKDA	/	/	/	/	/
ANNABA	Nord	50 km/h	10	14	1
EL TARF	/	/	08	13	9

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: 1st February,2012
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ Day 31st January 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	North	29 Km/h	01	10	0
SETIF	North-West	25 Km/h	00	05	2
Mila	North-West	43 Km/h	04	09	3
Constantine	North-West	54 Km/h	04	10	1
Guelma	North-West	50 Km/h	07	13	0.5
Skikda	/	/	/	/	/
Annaba	North	50 Km/h	10	14	1
El Tarf	/	/	08	13	9

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANCE METEOROLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 02 FEVRIER 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 01**FEVRIER 2012**

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Sud	29 km/h	-01	13	0
SETIF	Ouest	29 km/h	-05	08	0
MILA	Sud-est	40 km/h	03	13	0
CONSTANTINE	Ouest	43 km/h	01	13	0
GUELMA	Ouest	29 km/h	01	17	0
SKIKDA	/	/	/	/	0
ANNABA	Nord-ouest	40 km/h	04	17	0
EL TARF	/	/	04	16	0

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: February 02nd 2012
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ Day February 01st 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	South	29 km/h	-01	13	00
SETIF	West	29 Km/h	-05	08	00
Mila	South-West	40 Km/h	03	13	00
Constantine	West	43 Km/h	01	13	00
Guelma	West	29 Km/h	01	17	00
Skikda	/	/	/	/	00
Annaba	North-West	40 km/h	04	17	00
El Tarf	/	/	04	16	00

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANCE METEOROLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 16 FEVRIER 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 15 FEVRIER 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Nord	25 km/h	-02	10	0
SETIF	Nord-ouest	40 km/h	-01	04	0
MILA	Sud-est	50 km/h	00	07	0
CONSTANTINE	Nord-ouest	40 km/h	00	06	0
GUELMA	Nord-ouest	50 km/h	02	11	0.2
SKIKDA	Nord-ouest	43 km/h	06	12	3
ANNABA	Nord-ouest	61 km/h	03	11	4
EL TARF	/	/	04	12	2

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: February 16th 2012
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ Day February 15th 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	North	25 km/h	-02	10	00
SETIF	North-West	40 km/h	-01	04	00
Mila	South-East	50 Km/h	00	07	00
Constantine	North-West	40 Km/h	00	06	00
Guelma	North-West	50 Km/h	02	11	0.2
Skikda	North-West	43 Km/h	06	12	03
Annaba	North-West	61 km/h	03	11	04
El Tarf	/	/	04	12	02

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANE METEOLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 29 FEVRIER 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 01 MARS 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Ouest	25 km/h	01	17	0
SETIF	Ouest	29 km/h	-01	15	0
MILA	Sud-est	22 km/h	04	14	0
CONSTANTINE	Nord	32 km/h	02	14	0
GUELMA	Nord	29 km/h	02	18	0
SKIKDA	Ouest	25 km/h	08	15	0
ANNABA	Est	29 km/h	05	16	0
EL TARF	/	/	06	17	0

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: February 29th 2012
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ Day March 01st 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	West	25 km/h	01	17	00
SETIF	West	29 km/h	-01	15	00
Mila	South-East	22 km/h	04	14	00
Constantine	North	32 Km/h	02	14	00
Guelma	North	29 Km/h	02	18	00
Skikda	West	25 Km/h	08	15	00
Annaba	East	29 km/h	05	16	00
El Tarf	/	/	06	17	00

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANE METEOLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 03 MARS 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 02 MARS 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Sud-ouest	29 km/h	02	19	0
SETIF	Sud-ouest	36 km/h	02	18	0
MILA	Sud-est	22 km/h	07	20	0
CONSTANTINE	Nord-est	18 km/h	03	21	0
GUELMA	Est	18 km/h	02	25	0
SKIKDA	Sud-ouest	25 km/h	08	18	0
ANNABA	Nord-est	22 km/h	05	19	0
EL TARF	/	/	06	23	0

ONM/CONSTANTINE TEL. .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: March 03rd 2012
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ 02 March 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	South-west	29 Km/h	02	19	0
SETIF	South-west	36 Km/h	02	18	0
Mila	South-east	22 Km/h	07	20	0
Constantine	North-West	18 Km/h	03	21	0
Guelma	East	18 Km/h	02	25	0
Skikda	South-west	25 Km/h	08	18	0
Annaba	North-east	22 km/h	05	19	0
El Tarf	/	/	06	23	0

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANE METEOLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 16 MARS 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 15 MARS 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Ouest	18 km/h	04	22	0
SETIF	Nord-est	25 km/h	01	21	0
MILA	Nord-est	18 km/h	06	19	0
CONSTANTINE	Nord-ouest	18 km/h	03	20	0
GUELMA	Nord-est	22 km/h	01	22	0
SKIKDA	Est	29 km/h	08	20	0
ANNABA	Nord-est	36 km/h	04	20	0
EL TARF	/	/	06	22	0

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: February 16th 2012
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ Day March 15th 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	West	18 km/h	04	22	00
SETIF	North-East	25 km/h	01	21	00
Mila	North-East	18 km/h	06	19	00
Constantine	North-West	18 Km/h	03	20	00
Guelma	North-East	22 Km/h	01	22	00
Skikda	East	29 Km/h	08	20	00
Annaba	North-East	36 km/h	04	20	00
El Tarf	/	/	06	22	00

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANE METEOLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 31 MARS 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 30 MARS 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	sud-ouest	22 km/h	07	17	0
SETIF	Nord-ouest	22 km/h	06	14	0
MILA	Sud-est	29 km/h	10	16	0
CONSTANTINE	Nord-ouest	36 km/h	10	16	4
GUELMA	Ouest	22 km/h	13	17	4
SKIKDA	/	/	/	/	/
ANNABA	Nord	29 km/h	13	17	2
EL TARF	/	/	14	16	2

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: 31st March 2012
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ Day 30th March 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	South-West	22 km/h	07	17	00
SETIF	North-West	22 km/h	06	14	00
Mila	South-East	29 km/h	10	16	00
Constantine	North-West	36 Km/h	10	16	04
Guelma	West	22 Km/h	13	17	04
Skikda	/	/	/	/	/
Annaba	North	29 km/h	13	17	02
El Tarf	/	/	14	16	02

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANE METEOLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 02 AVRIL 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 01 AVRIL 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Sud	22 km/h	11	20	0.7
SETIF	Nord	29 km/h	07	21	0.2
MILA	Nord-ouest	22 km/h	10	22	4
CONSTANTINE	Nord-est	29 km/h	06	23	1
GUELMA	Nord-est	22 km/h	07	26	0.4
SKIKDA	Sud-ouest	32 km/h	13	19	0.2
ANNABA	Nord	43 km/h	09	23	0.2
EL TARF	/	/	09	25	0.2

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Climatic Daily Report
Date: 02nd April 2012
Meant for COJAAL
Fax 031-97-19-16

Day before data/ Day 01st April 2012

Wilaya	Maximum Wind		T. Mini	T. Max	Rain fall (mm)
	Direction	Speed			
B.B.Arreridj	South	22 km/h	11	20	0.7
SETIF	North	29 km/h	07	21	0.2
Mila	North-West	22 km/h	10	22	04
Constantine	North-East	29 Km/h	06	23	01
Guelma	North-East	22 Km/h	07	26	0.4
Skikda	South-West	32 Km/h	13	19	0.2
Annaba	North	43 km/h	09	23	0.2
El Tarf	/	/	09	25	0.2

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANE METEOLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 16 AVRIL 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 15 AVRIL 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Nord-ouest	32 km/h	06	11	2
SETIF	Ouest	43 km/h	05	10	9
MILA	Sud-est	57 km/h	08	13	15
CONSTANTINE	Sud-ouest	47 km/h	07	12	8
GUELMA	Nord-ouest	57 km/h	11	17	5
SKIKDA	Nord-ouest	57 km/h	13	18	19
ANNABA	Nord-ouest	47 km/h	10	18	9
EL TARF	/	/	/	/	/

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

DAY BEFORE DATA for: 15 APRIL 2012

WILAYATES	Maximum Wind		T°Minimum	T° Maximum	Rainfall (mm)
	Direction	speed			
B.B. ARRERIDJ	North West	32 km/h	06	11	2
SETIF	West	43 km/h	05	10	9
MILA	South East	57 km/h	08	13	15
CONSTANTINE	South West	47 km/h	07	12	8
GUELMA	North-West	57 km/h	11	17	5
SKIKDA	North-West	57 km/h	13	18	19
ANNABA	North-West	47 km/h	10	18	9
EL TARF	/	/	/	/	/

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB
WWW.METEO.DZ

OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE

DIRECTION DE LA REGION METEOROLOGIQUE EST-CONSTANTINE

CENTRE DE PREVISION ET D'ASSISTANE METEOLOGIQUES

BULLETIN CLIMATOLOGIQUE QUOTIDIEN
Du : 01 MAI 2012
DESTINE POUR « CO.JA.A.L »
FAX : 031-97-19-16

DONNEE DE LA VEILLE JOURNEE DU : 30 AVRIL 2012

WILAYATES	Vent maximal		T°Minimale	T° Maximale	Précipitation (mm)
	Direction	vitesse			
B.B. ARRERIDJ	Nord	25 km/h	09	16	00
SETIF	Sud-est	57 km/h	08	12	00
MILA	Ouest	29 km/h	10	15	0.2
CONSTANTINE	Nord-ouest	43 km/h	10	16	02
GUELMA	Nord	40 km/h	10	18	00
SKIKDA	Nord	50 km/h	15	19	00
ANNABA	Ouest	36 km/h	12	20	00
EL TARF	/	/	13	22	00

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

DAY BEFORE DATA for: 30th APRIL 2012

WILAYATES	Maximum Wind		T°Minimum	T° Maximum	Rainfall (mm)
	Direction	speed			
B.B. ARRERIDJ	North	25 km/h	09	16	00
SETIF	South-West	57 km/h	08	12	00
MILA	West	29 km/h	10	15	0.2
CONSTANTINE	North-West	43 km/h	10	16	02
GUELMA	North	40 km/h	10	18	00
SKIKDA	North	50 km/h	15	19	00
ANNABA	West	36 km/h	12	20	00
EL TARF	/	/	13	22	00

ONM/CONSTANTINE TEL .031.90.03.21 SITE WEB WWW.METEO.DZ

Les données de la consommation d'énergie en électricité et en Gaz à Skikda et ces régions.

Etat des ventes énergétiques par Service Commercial

Electricité (en Kwh) Mois : 012012

Gaz (en Thermie)

Recettes (en Dinars)

	AO	FSM	MP	MT	Total
AZZABA	5 467 924 14 358 725 31 148 989,23	2 051 44 220 26 182,30	0 721 537 290 576,85	7 203 763 0 24 348 995,49	12 673 738 15 124 482 55 814 743,87
COLLO	3 143 201 2 695 995 16 589 699,66	23 923 0 109 203,92	0 0 0,00	712 780 0 3 048 764,46	3 879 904 2 695 995 19 747 668,04
EL HARROUCH	5 229 269 16 303 946 31 096 309,35	344 175 394 524 1 797 307,12	0 516 908 270 417,39	4 139 628 0 13 538 618,53	9 713 072 17 215 378 46 702 652,39
RAMDANE DJAMEL	3 104 803 7 621 259 17 415 587,26	572 051 351 606 2 771 495,12	0 2 348 018 727 259,04	2 944 327 0 11 647 238,51	6 621 181 10 320 883 32 561 579,93
SKIKDA	4 617 912 15 770 229 27 127 040,29	5 703 364 617 393 25 840 380,58	0 2 381 991 1 032 382,97	6 247 412 0 23 424 613,18	16 568 688 18 769 613 77 424 417,02
TAMALOUS	3 429 597 3 087 931 18 333 222,52	0 0 561,10	0 0 3 547,50	1 733 632 0 5 413 791,30	5 163 229 3 087 931 23 751 122,42
ZIGHOUD YOUCEF	4 953 417 12 589 021 27 882 046,35	1 227 282 127 195 5 579 509,25	0 0 3 547,50	446 648 0 1 658 647,16	6 627 347 12 716 216 35 123 750,26
Total Centre	29 946 123 72 427 106 169 592 894,66	7 872 846 1 534 938 36 124 639,39	0 5 968 454 2 327 731,25	23 428 190 0 83 080 668,63	61 247 159 79 930 498 291 125 933,93

Etat des ventes énergétiques par Service Commercial

Mois : 022012

Electricité (en Kwh)

Gaz (en Thermie)

Recettes (en Dinars)

	AO	FSM	MP	MT	Total
AZZABA	5 828 506 20 651 868 34 603 073,09	28 522 223 439 213 279,10	0 833 636 334 371,85	4 026 983 0 14 724 259,78	9 884 011 21 708 943 49 874 983,82
COLLO	2 824 985 10 267 147 17 301 707,56	53 300 0 238 332,54	0 0 0,00	845 135 0 3 234 506,22	3 723 420 10 267 147 20 774 546,32
EL HARROUCH	6 073 764 15 244 665 33 771 956,84	165 450 189 331 857 889,80	0 503 879 266 408,64	2 455 331 0 8 943 855,20	8 694 545 15 937 875 43 840 110,48
RAMDANE DJAMEL	4 655 366 19 215 959 28 239 244,29	182 683 4 987 836 150,68	0 1 714 952 598 582,09	3 291 966 0 12 847 502,29	8 130 015 20 935 898 42 521 479,35
SKIKDA	5 229 211 22 542 943 31 940 992,10	458 472 1 058 692 2 494 061,11	0 3 658 679 1 536 541,28	5 300 658 0 20 346 290,54	10 988 341 27 260 314 56 317 885,03
TAMALOUS	3 564 021 3 874 002 18 634 211,27	1 834 361 9 950,57	0 0 3 547,50	1 247 964 0 4 314 751,64	4 813 819 3 874 363 22 962 460,98
ZIGHOUD YOUCEF	4 099 173 8 934 109 22 362 520,09	412 389 957 376 2 247 102,57	0 0 3 547,50	381 393 0 1 558 187,88	4 892 955 9 891 485 26 171 358,04
Total Centre	32 275 026 100 730 693 186 853 705,24	1 302 650 2 434 186 6 896 766,37	0 6 711 146 2 742 998,86	17 549 430 0 65 969 353,55	51 127 106 109 876 025 262 462 824,02

Etat des ventes énergétiques par Service Commercial

Electricité (en Kwh)

Mois : 032012

Gaz (en Thermie)

Recettes (en Dinars)

	AO	FSM	MP	MT	Total
AZZABA	3 834 963 7 873 903 21 543 762,07	2 761 180 2 366 429 13 376 064,15	0 452 185 188 450,88	3 240 798 0 12 802 305,00	9 836 941 10 692 517 47 910 582,10
COLLO	1 426 538 15 957 7 222 612,41	2 058 559 1 006 389 9 962 858,36	0 0 0,00	901 215 0 3 545 405,53	4 386 312 1 022 346 20 730 876,30
EL HARROUCH	4 091 335 20 578 612 27 037 095,16	2 749 957 4 906 531 14 656 986,44	0 444 197 245 020,71	2 485 354 0 9 018 929,42	9 326 646 25 929 340 50 958 031,73
RAMDANE DJAMEL	2 054 254 3 753 180 11 271 384,13	1 330 011 2 112 510 6 937 513,40	0 2 769 757 808 517,76	2 725 496 0 11 100 420,18	6 109 761 8 635 447 30 117 835,47
SKIKDA	4 735 589 26 740 326 31 446 296,61	1 420 639 2 811 180 7 489 249,04	0 2 938 277 1 250 101,28	4 004 237 0 16 322 796,38	10 160 465 32 489 783 56 508 443,31
TAMALOUS	1 652 935 3 967 372 10 327 667,80	2 012 621 914 557 9 742 952,43	0 0 3 547,50	613 573 0 2 585 395,96	4 279 129 4 881 929 22 659 563,69
ZIGHOUD YOUCEF	3 662 789 12 811 901 21 491 317,46	1 345 235 2 700 019 7 149 173,12	0 0 3 547,50	288 401 0 1 288 736,97	5 296 425 15 511 920 29 932 775,05
Total Centre	21 458 403 75 741 251 130 340 135,64	13 678 202 16 817 615 69 314 796,94	0 6 604 416 2 499 185,63	14 259 074 0 56 663 989,44	49 395 679 99 163 282 258 818 107,65

Etat des ventes énergétiques par Service Commercial

Electricité (en Kwh)

Mois : 042012

Gaz (en Thermie)

Recettes (en Dinars)

	AO	FSM	MP	MT	Total
AZZABA	5 375 231	10 519	0	3 616 512	9 002 262
	23 950 335	188 902	200 018	0	24 339 255
	34 580 934,56	114 208,93	92 356,00	13 960 638,44	48 748 137,93
COLLO	3 326 600	76 010	0	896 938	4 299 548
	5 008 499	0	0	0	5 008 499
	18 012 193,46	348 781,53	0,00	3 485 639,62	21 846 614,61
EL HARROUCH	5 472 186	125 690	0	2 340 246	7 938 122
	27 641 296	741 735	143 088	0	28 526 119
	37 320 832,96	958 043,45	139 881,71	8 538 226,05	46 956 984,17
RAMDANE DJAMEL	3 171 435	469 870	0	2 675 322	6 316 627
	11 567 647	851 745	1 742 259	0	14 161 651
	18 845 903,14	2 515 978,72	586 127,15	10 870 812,63	32 818 821,64
SKIKDA	4 823 956	489 000	0	3 800 775	9 113 731
	25 694 560	1 582 997	994 842	0	28 272 399
	31 239 055,26	2 856 070,87	495 889,10	16 098 755,04	50 689 770,27
TAMALOUS	3 686 995	300 000	0	1 045 393	5 032 388
	4 556 649	0	0	0	4 556 649
	20 816 707,42	1 342 020,10	3 547,50	3 611 408,45	25 773 683,47
ZIGHOUD YOUCEF	5 212 326	478 220	0	272 176	5 962 722
	18 809 000	394 044	0	0	19 203 044
	30 803 458,59	2 314 714,20	3 547,50	1 233 826,96	34 355 547,25
Total Centre	31 068 729	1 949 309	0	14 647 362	47 665 400
	117 227 986	3 759 423	3 080 207	0	124 067 616
	191 619 085,39	10 449 817,80	1 321 348,96	57 799 307,19	261 189 559,34