

REPUBLIQUE ALGERINNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**Ministère de L'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique**  
**Université Mentouri Constantine**

Faculté des sciences de la terre, de géographie et de l'aménagement du territoire  
**Département de l'Architecture et de L'urbanisme**

N' d'ordre :.....  
Série :.....

## **MEMOIRE**

**Pour l'Obtention du diplôme de Magister**

**Option: Architecture Bioclimatique**

Présenté par : M<sup>r</sup> **BOUDJELLAL LAZHAR**

### **THEME**

**RÔLE DE L'OASIS DANS LA CREATION DE L'ÎLOT DE FRAICHEUR**  
**DANS LES ZONES CHAUDES ET ARIDES**  
« Cas de l'oasis de chetma -Biskra -Algérie »

Sous la direction de: Pr.**Bourbia Fatiha** : Professeur /U. Constantine

**Jury d'examen :**

Pr :T.Sahnoun	Président	Professeur	Université de Constantine
Dr :S.Abdou	Examineur	Maître de conférence	Université de Constantine
Dr :Y.Bouchahm	Examineur	Maître de conférence	Université de Constantine
Pr : Bourbia Fatiha	Rapporteur	Professeur	Université de Constantine

.....**Constantine 2009**.....

## SOMMAIRE

<b>Introduction Générale :</b>	
	Introduction..... 1
	Problématique..... 5
	Hypothèse de la recherche..... 6
	Les objectifs..... 6
	Méthodologie..... 7
	Structure de la recherche..... 8
	L'approche bioclimatique en architecture..... 9
<b>Chapitre I : <u>L'environnement &amp; L'homme</u></b>	
I-1	Introduction..... 11
I-2	Définition du mot environnement..... 11
I-3	Les composantes de l'environnement humain..... 12
I-3-1	L'environnement naturel..... 12
I-3-2	L'environnement bâti..... 12
I-3-3	L'environnement social..... 12
I-4	L'écologie..... 12
I-4-1	L'écosystème..... 13
I-4-2	Les facteurs écologiques abiotiques..... 13
I-4-2-1	Les facteurs physiques et climatiques..... 13
I-5	Les Mécanismes climatiques..... 14
I-5-1	Le rôle du soleil..... 14
I-5-2	Le cycle de l'eau..... 14
I-5-3	L'évapotranspiration..... 15
I-5-4	La circulation atmosphérique..... 18
I-5-5	Des modifications de l'environnement climatique..... 18
I-5-5-1	Des adaptations ou des modifications volontaires ponctuelles..... 18
I-5-5-2	De réelles modifications au niveau du sol..... 18
I-5-5-3	Des modifications atmosphériques..... 20
I-5-6	Bilan radiatif et bilan d'énergie..... 20
I-6	Relation climat organismes vivants..... 21
I-6-1	Les relations climats & végétations..... 21
I-6-1-1	Les biomes..... 21
I-6-1-2	Les facteurs principaux de répartition..... 22
I-6-1-3	Répartition de la végétation sur la terre..... 23
I-6-2	Indice global de végétation (NDVI)..... 23
I-7	Rôle écologique de la végétation..... 25
I-7-1	Production de l'oxygène..... 25
I-7-2	Puits de carbone..... 26
I-7-3	Réduction de la pollution..... 26
I-7-4	Contrôle de l'érosion..... 27
I-7-5	Contrôle du vent..... 28
I-7-6	Contrôle de la température et des précipitations..... 29
I-7-7	L'effet de la végétation sur la santé psychologique..... 30
I-8	Modifications des écosystèmes..... 30
I-9	Changement climatique..... 31

I-9-1	La densité végétale contre réchauffement climatique et la pollution.	33
I-10	Le Développement durable.....	34
I-11	Conclusion.....	36
<b>Chapitre II : <u>Désert &amp; Oasis</u></b>		
<b>Partie I : Désert</b>		
II-1	Introduction.....	37
II -I-1	Définitions.....	38
II -I-2	Localisation des zones arides.....	39
II -I-2-1	Les degrés de l'aridité.....	40
II -I-3	Climat du désert.....	41
II -I-4	Végétation du désert.....	41
II -I-5	Le désert berceau de civilisations.....	43
II-I-6	les sécheresses autre handicaps au développement.....	43
II -I-7	Stratégie du confort thermique dans les régions désertiques.....	44
<b>Partie II : Oasis</b>		
II -II-1	Définitions.....	45
II -II-2	Les Composantes principales des oasis.....	46
II -II-3	Drainage des palmeraies.....	48
II -II-4	Densité de plantation.....	50
II -II-5	Typologie des oasis.....	52
II -II-6	Le palmier dattier.....	53
II -II-6-1	Morphologie du dattier.....	54
II -II-6-2	Exigences écologiques.....	57
II -II-6-3	Climat et cycle végétatif.....	57
II -II-7	Les Avantages environnementaux de l'oasis.....	59
II -II-7-1	Le Palmier comme matériau de construction.....	60
II -II-8	Relation oasis/cadre bâti.....	61
II -II-8-1	Les k'sour sahariens .....	61
II -II-8-2	La compacité urbaine dans le désert.....	62
II -II-8-3	Rapports oasis /cadre bâti.....	63
II -II-8-4	Position du cadre bâti par rapport a l'oasis.....	64
II -II-9	Les conséquences de l'urbanisation sur l'espace oasisien.....	65
II -II-10	Conclusion.....	67
<b>Chapitre III : <u>La Végétation Comme Solution Microclimatique</u></b>		
III-1	Introduction.....	68
III-2	Le climat.....	68
III-2-1	Les facteurs climatiques environnementaux.....	69
III-2-2	Les échelles des éléments du climat.....	71
III-3	Le microclimat.....	72
III-3-1	L'effet d'oasis.....	73
III-4	L'impacte de la végétation sur le microclimat.....	74
III-4-1	Utilisation de la végétation pour le contrôle solaire.....	75
III-4-2	Utilisation de la végétation pour le contrôle du vent.....	77
III-4-3	Effet de la végétation sur l'humidité et la température.....	78
III-5	L'effet de la densité du palmier sur les paramètres climatiques.....	79
III-5-1	La densité du peuplement.....	79

III-5-2	Effet de la densité de peuplement sur le cycle végétatif.....	80
III-5-3	L'effet de la densité sur le rayonnement solaire.....	80
III-5-3-1	L'implantation trop serrée.....	81
III-5-3-2	L'implantation trop espacée.....	82
III-5-4	Effet de la densité du palmier sur le vent.....	82
III-5-4-1	L'effet de vent sur l'évaporation.....	84
III-5-5	Effet de la densité du palmier sur la température de l'air.....	85
III-6	L'effet de la végétation sur l'utilisation d'énergie.....	86
III-6-1	Conservation d'énergie.....	86
III-7	Etudes expérimentales sur l'effet thermique des secteurs verts denses	89
III-8	Conclusion.....	97
<b>Chapitre IV : Investigation</b>		
IV -1	Introduction.....	98
IV -2	Climats en Algérie.....	99
IV -3	Analyse climatique de la ville de Biskra.....	101
IV-3-1	Les températures de l'air.....	102
IV-3-2	L'humidité relative.....	103
IV-3-3	Les précipitations.....	104
IV-3-4	Vitesse du vent.....	104
IV-3-5	Calcul de l'indice d'aridité.....	105
IV-3-6	Résultat d'analyse climatique de la ville de Biskra.....	106
IV-4	Présentation du cas d'étude.....	107
IV-4-1	Dimension et forme de la palmeraie.....	108
IV-4-2	Densité du peuplement.....	110
IV-4-3	Système d'irrigation.....	112
IV-4-4	Limite du champ d'étude.....	112
IV-5	Analyse climatique du site.....	113
IV-6	Objectif de la campagne de mesures.....	115
IV-6-1	Facteurs climatique mesures.....	115
IV-6-2	Description des systèmes de mesures.....	115
IV-6-3	Méthodologie et déroulement de la campagne de mesures.....	116
IV-6-4	Parcours des mesures.....	117
IV-7	Interprétation des résultats.....	120
IV -7-1	La température de l'air.....	120
IV -7-1-a	L'intensité de la fraîcheur.....	125
IV -7-2	L'humidité relative de l'air.....	128
IV -7-3	La vitesse de l'air.....	131
IV -7-3-a	L'effet du vent sur la variation de la température et l'humidité de l'air	132
IV-8	Conclusion.....	133
<b>Conclusion générale et recommandations :</b>		
	Introduction.....	134
	Recommandations.....	136
	Résumé.....	137
	Bibliographie.....	139
	Table des illustrations.....	143

## REMERCIEMENTS

**J**e remercie tout d'abord dieu tout puissant de la force et l'aide qui m'a donne pour réalise ce travail.

**M**es grands remerciements vont à M<sup>me</sup> BOURBIA Fatiha professeur et responsable du laboratoire ABE pour son encadrement ses conseils, encouragement, et soutien durant mon travail.

**A** M<sup>mes</sup> : D<sup>r</sup> ABDOU Saliha, D<sup>r</sup> BOUCHEHAM Yasmina, M<sup>me</sup> BOUCHEHAM Garmia  
**J**e dis merci.

**A** tout ce qui m'ont aidé de prés ou de loin surtout les personnels de l'institut de l'agriculture saharienne de Biskra et aux membres du service technique de la commune de chetma.

**J**e tiens à exprimer toute ma reconnaissance envers l'équipe qui m'ont accompagné dans le parcours des mesures malgré la chaleur d'été, ainsi les habitants du K'sar de chetma.

**A** ma femme pour sa compréhension et son soutien.



(Les villes devaient être dessinées comme des forêts)  
l'abbé laugier<sup>1</sup>

**Introduction :**

A travers les siècles, l'architecture cherche tout le temps à satisfaire les besoins de l'humanité en matière de confort, rappelant l'idée d'Arturo soria yMata pour la ville linéaire où les espaces verts sont conçus comme des écrans protecteurs contre les effets néfastes causés par la pollution, d'où une ville intimement incorporée à la nature. Ainsi, la conception utopique de E.Howarde de faire construire des cités jardins, idée d'une Ville verte, rassemblant les avantages du village et ceux de la ville.

Aussi, le Corbusier lors du congrès international d'architecture CIAM 1933 annonce une nouvelle vision sur l'aménagement urbain intitulé les trois joies de l'urbanisme: **Soleil – Verdure - Espace**. Toutes ces réflexions quelque soient écologiste, naturaliste ou moderniste ont reconnu l'importance du couvert végétal même si elles ne sont pas déduites d'une approche bioclimatique.

Dans beaucoup de pays en développement, l'urbanisation rapide a entraîné des vastes extensions au détriment de la végétation , ainsi que la destruction et l'abandon des écosystèmes oasiens dans les régions chaudes et arides.

Dans ces milieux, le soleil constitue une réelle source d'inconfort, le besoin de fraîcheur en période estivale par le biais de la climatisation devient la préoccupation de toute la population, et ce malgré les inconvénients:

- Effet néfaste sur le confort thermique extérieur et sur l'environnement.
- Consommation importante d'électricité.

Il est bien connu que les arbres et les espaces verts contribuent de manière significative à refroidir nos villes et à économiser l'énergie<sup>2</sup> . Des chercheurs de la NASA ,Jeff Luvall et Dale Quattrochi ont étudié comment les forêts urbaines peuvent permettre à des villes de se développer sans interruption tout en maintenant la qualité d'air et l'environnement aussi bien qu'abaisser les coûts de refroidissement pendant l'été»<sup>3</sup> .

---

<sup>1</sup> P.H. Boyer, 1978, *végétation et écosystème urbain*, Technique & Architecture, n°313,

<sup>2</sup> Santamouris, M, 2001, *Energy and Climate in the Urban Built Environment*, James & James,UK,

<sup>3</sup> David E. Steitz,et al, 1998, *Les climatiseurs pour garder nos villes se refroidissent* ,Marshall Space Flight Center

Par ailleurs, l'oubli du rôle de la végétation dans la conception urbaine, le réchauffement de la terre, et la dégradation des écosystèmes (déforestation, sécheresse) deviennent une préoccupation mondiale.

En 1972 à Stockholm, le congrès sur l'environnement ouvre une nouvelle pensée environnementale qui fait appel à l'amitié entre l'homme et la nature et l'arrêt du gaspillage des ressources naturelles. C'est la première fois qu'on fait introduire le mot développement durable qui vise à assurer aux générations futures le droit de profiter des ressources naturelles.

Donc, c'est un développement qui a pour objectif la stabilité et la continuité de la vie humaine. En 1992 à Rio de Janeiro s'ouvre une autre vision en architecture pour concrétiser la notion de villes durables, en introduisant un nouveau concept nommé l'architecture verte. Il se base sur l'importance de la relation entre le cadre bâti, la nature et l'écosystème environnant. C'est une réaction contre les problèmes de l'environnement et d'hygiène qui résident dans les nouvelles urbanisations sans tenir compte de la dimension environnementale et l'importance de l'énergie et les ressources naturelles atypiques.

Les décisions politiques international en particulier le protocole de Kyoto, entré en vigueur en février 2005, qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre. A ce sujet, beaucoup de chercheurs ont confirmé l'importance de la végétation sur la conservation d'énergie ,parmi eux Akbari (1988) qui a démontré qu'en plantant 100.000.000 arbres près des maisons pourraient sauver approximativement 0.25 quadruple (22 milliards de KWH) de l'électricité, de valeur environ 2,3 milliards dollars annuels, et de 9 millions de tonnes d'émissions d'anhydride carbonique»<sup>4</sup>

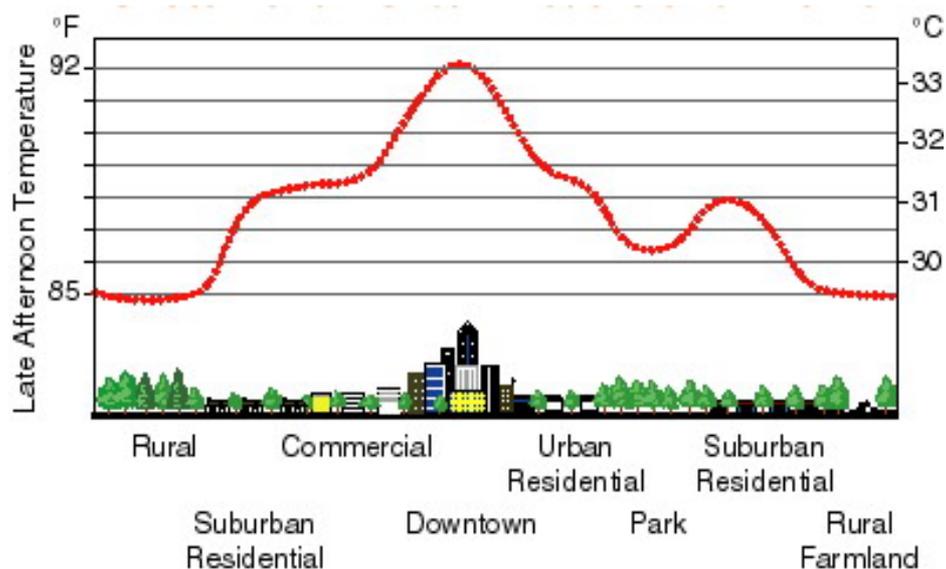
Aussi ,McPherson (1991) a démontré par simulation sur ordinateur des résultats, des coûts et des rendements des arbres pour un projet d'implantation de 500.000 arbres,donne des avantages nets de l'ordre de 236 millions dollars par une période de 40 ans avec le rapport de coût d'avantage et le taux interne de rendement pour tous les arbres étant 2,6 à 7,1%, respectivement par arbre des avantages de refroidissement de 20,73\$ ont été projetés comme suit: 227 KWh (16,34\$) pour le refroidissement par 'évapotranspiration et 227 KWh (4,39\$) pour l'ombrage direct »<sup>5</sup>

<sup>4</sup> J. James Kielbaso , 2002,*urban forestry and the ecocity* , proceedings resulting from the International Symposium for Urban Forest and Construction of Eco-City, Shanghai, September 16-22,

<sup>5</sup> McPherson, E.G., and R. Rowntree,*The environmental benefits of urban forests*. In: A National Research Agenda for Urban Forestry in the 1990's. Int. Soc. of Arboriculture: 45-49.

Dans le même contexte, Akbari et autres(1992) ont démontré que la température des zones périphériques très boisées, ainsi que des grands parcs situés au centre des villes est de quelques degrés plus fraîche que l'îlot de chaleur urbain où les bâtiments sont contigus. Le refroidissement de la température ambiante est dû à la fois à l'ombre procurée par les arbres et à l'évapotranspiration. Les grands parcs où les voisinages résidentiels avec la végétation étendue peuvent produire des réductions de température de l'air aussi grandes que 10°C. <sup>6</sup>

Ainsi, Quattrochi et Iuvall ont indiqué que les températures de surface des matériaux peuvent être de 2°C à 4°C plus élevées que celles du couvert végétal. A titre d'exemple le matériau tel que l'asphalte stocke une grande partie de l'énergie du soleil et demeure chaud longtemps après le coucher du soleil. Ces matériaux produisent un dôme au-dessus de la ville avec des températures de 5°C à 10°C plus élevées que les secteurs ruraux adjacents (voir fig 1). Plus une ville se développe, elle remplace les arbres et herbes par des bâtiments et des routes et elle devient réchauffeur, d'où le besoin en refroidissement exigeant une énergie électrique importante.



**Figure n°01:** Croquis du profil d'îlot de chaleur urbain

Source : (<http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/HighTemps/UrbanProfile.gif>)

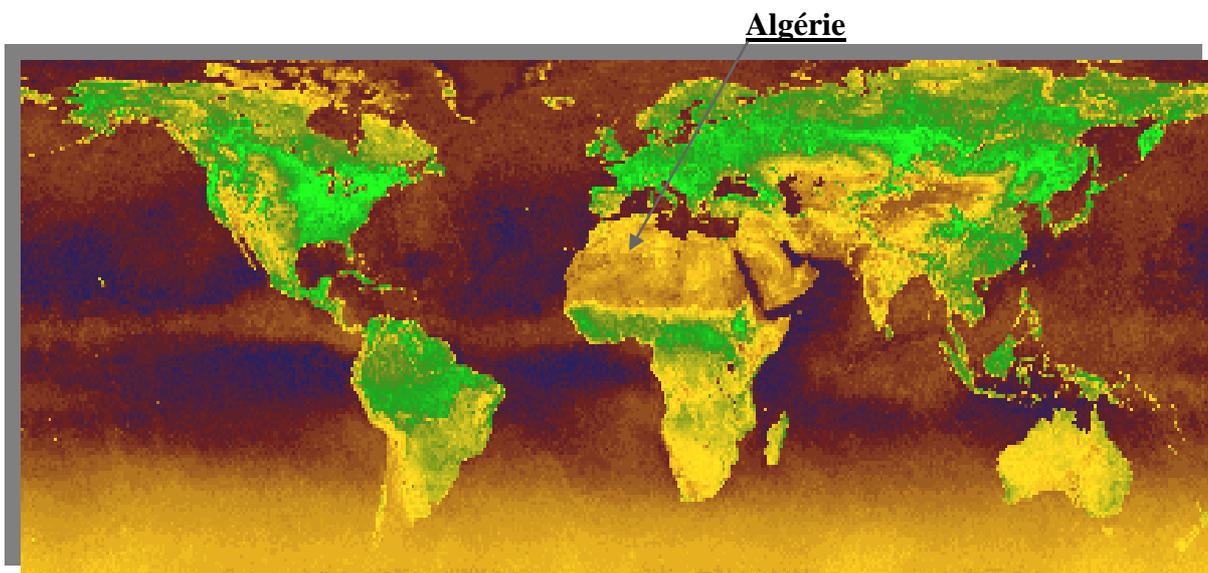
<sup>6</sup> McPherson, E.G, 1992, *Accounting for benefits and costs of urban green space*, Landscape and Urban Planning,

Ces deux chercheurs Quattrochi et Iuvall ont constaté que les parcs des villes et d'autres secteurs urbains avec les arbres et l'herbe sont plus frais que les secteurs abritant une concentration élevée des bâtiments.

Les secteurs verts sont plus frais parce qu'ils absorbent l'énergie solaire en l'employant pour évaporer l'eau par les feuilles. Les forêts urbaines aident également à refroidir les villes en ombrageant les surfaces comme l'asphalte, les toits et les aires de stationnement, et empêchant le stockage de chaleur.

Par contre, la plupart des régions musulmanes se situent dans des zones climatiques très rudes (climat chaud et sec) et parmi eux notre pays l'Algérie. D'après l'image obtenue par la NASA (fig 2) on observe que la majorité de nos zones sont caractérisées par la rareté ou l'absence totale des couverts végétaux, ce qui nécessite une réflexion et un énorme effort principalement dans le domaine forestier.

Ainsi, la recherche du confort thermique d'été semble être difficile pour la plupart des habitants de ces zones. Face à cette situation d'inconfort, le recours à la climatisation comme seule solution est très coûteuse en matière de consommation d'énergie sans oublier ses effets négatifs sur l'environnement extérieur.



**Figure n°02** : Télédétection de La densité végétale par satellite  
Source : NASA 2006

## Problématique :

L'homme du désert a su créer sur place un environnement végétal « oasis » une image du paradis d'ALLAH sur terre, adapté à ses besoins et répondant aux contraintes climatiques, se traduisant finalement par un équilibre harmonieux entre l'homme et le milieu naturel, devenant par le temps un pôle touristique attirant des milliers de gens.

Sachant que les grandes civilisations telles que Babylone, Sumer, et Pharaon en égypte , ont été fondées dans ce genre de climat chaud et sec et basées essentiellement sur une relation d'amitié et de fidélité de l'homme à la nature.

Dans les zones sahariennes, l'écosystème oasien a joué un rôle primordial dans la création d'ambiance thermique extérieure confortable en plein désert. L'existence de l'ombre, et de l'eau ont offert aux passagers et aux caravanes une île de survie, un lieu de fraîcheur, de repos et de détente.

Mais au contraire, pendant le 20<sup>ème</sup> siècle la relation entre l'homme et la nature prend un autre sens et l'oasis a été réalisée avec une approche entièrement différente, et l'image de la ville de désert dans certains cas a été renversée. L'air frais, le paysage magnifique qui attirent des migrants ont connu beaucoup de mutation. L'homme pour son confort thermique d'été a fait appel et confiance à des machines « climatiseurs » qui demandent beaucoup d'énergie électrique afin de baisser un degré de température sachant que « une frigorie coûte plus chère qu'une calorie », ainsi les risques liés à leurs pannes et les coupures du courant électrique sont fréquents.

En effet, beaucoup de k'sours sahariens ont subi des transformations et d'autres sont abandonnés. Plusieurs chercheurs dans le domaine de l'architecture en milieu chaud et aride précisent que toute stratégie bioclimatique doit essentiellement se baser sur les conditions d'été pendant la période de surchauffe (Givoni, 1980, croome, 1990)

Le confort d'été dans les régions arides, semble être difficile et le recours vers l'emploi des nouveaux matériaux et des climatiseurs n'assure pas la fraîcheur souhaitée. Ces régions reçoivent une intensité de radiation solaire très importante, qui peut atteindre  $900\text{w/m}^2$  sur une surface horizontale, et une température extérieure dépassant  $50^{\circ}\text{C}$  à l'ombre. Face à cette situation d'inconfort, l'espace extérieur devient très contraignant et moins fréquenté, et par conséquent plusieurs centaines de milliers d'habitants souffrant de la chaleur insupportable sont obligés de s'adapter à cette situation par :

- Le nomadisme saisonnier vers le littoral et les hauts plateaux;
- L'utilisation du système mécanique de refroidissement;
- D'autres trouvent la fraîcheur à l'extérieur qu'à l'intérieur de leur domicile précisément à l'intérieur ou aux alentours de la palmeraie;

Le microclimat créé par l'oasis réduit l'agressivité des facteurs environnementaux et à ce stade que se formule la question si l'oasis nous donne une protection contre les rayons solaires et assure dedans une fraîcheur, est ce que l'environnement immédiat peut bénéficier de cette protection ?

### **Hypothèse :**

En posant aux gens habitant les zones chaudes et arides la question « Quel est l'endroit préféré pendant l'été dans votre ville? » la réponse : c'est la palmeraie.

La palmeraie est donc une zone nettement différente de l'espace environnant et le changement des propriétés de surface s'accompagne d'un changement des propriétés de la basse atmosphère au contact de l'oasis. Ce phénomène a été défini comme effet d'oasis par (Oke, 1987). Dans l'actuelle recherche, nous allons vérifier l'hypothèse que dans un climat chaud et sec la fraîcheur créée dans l'oasis à la différence de l'espace environnant est due à la densité végétale (culture en étage: palmiers avec sous étage constitué d'arbres fruitiers et d'herbe).

### **Objectif :**

Beaucoup d'études ont montré le rôle des arbres dans le contrôle de l'ensoleillement et la circulation de l'air et l'humidité et leur influence sur l'ambiance thermique, mais peu sont ceux qui ont traité l'effet de la palmeraie dans un climat semblable au nôtre.

Dans ce contexte, le but de cette recherche est de déterminer l'existence de l'effet d'oasis et d'examiner l'impact de la densité végétale (culture en étage) pendant la période estivale dans la création d'un microclimat (îlot de fraîcheur) par la connaissance de son intensité et sa dynamique spatiale.

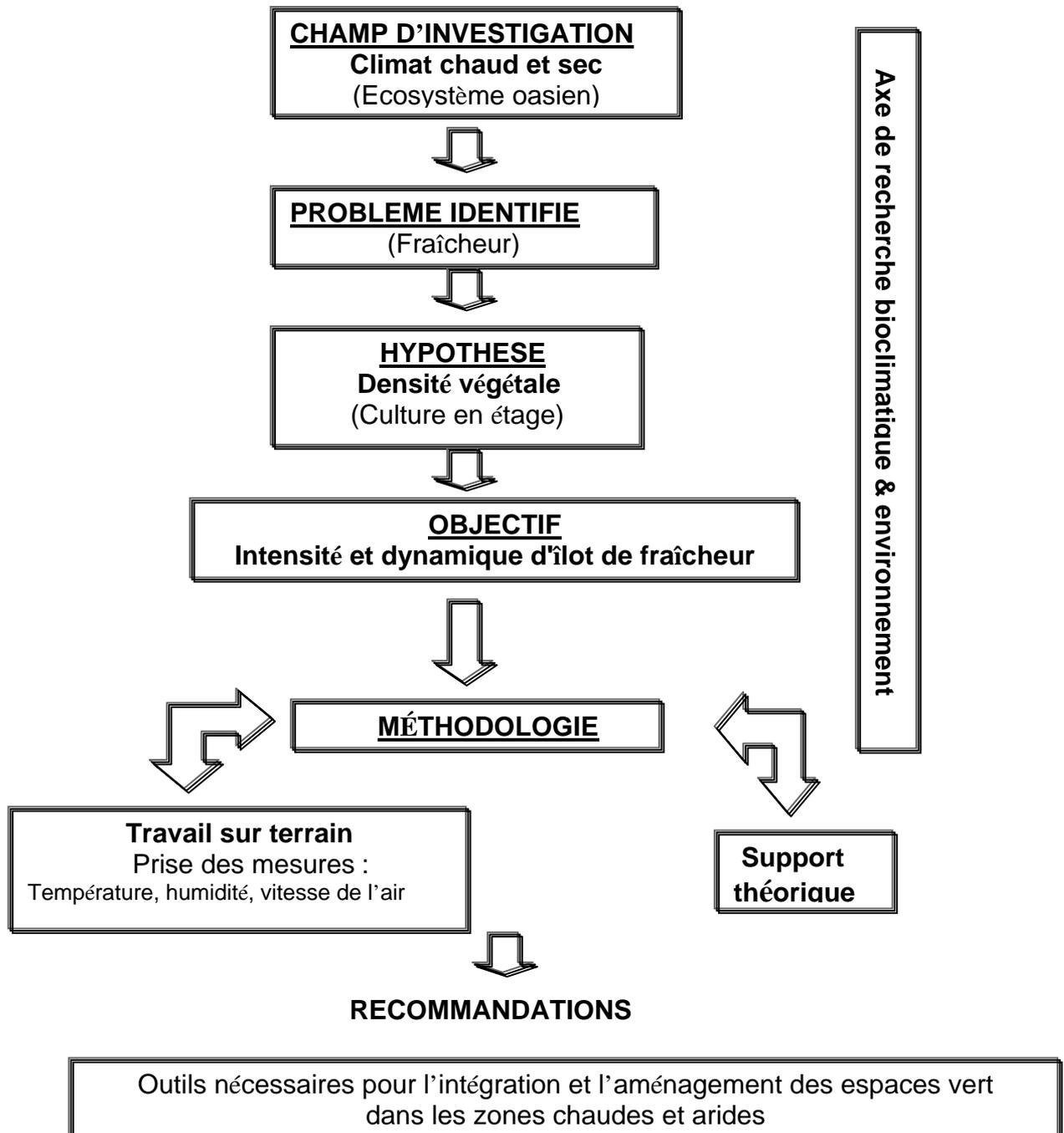
**Méthodologie :**

Notre recherche s'appuie sur une approche bioclimatique environnementale, basée sur la méthode expérimentale. Elle s'étale sur deux parties, la première est théorique consiste en une exploration systématique de la documentation sur le thème proposé (ouvrage, thèses, articles,.. etc), et la deuxième pratique c'est-à-dire expérimentale se déroule sur le terrain. La partie théorique comprend trois chapitres, le premier va traiter d'une manière générale de la notion de l'environnement, et par la suite nous allons tirer les deux éléments qui constituent l'actuelle recherche (climat, végétation), le deuxième chapitre concerne un écosystème spécifique en relation directe avec notre sujet, il s'agit du couple (désert & oasis), le troisième chapitre traite de la notion du microclimat et l'impact de la végétation ainsi l'examen des études y'afférentes.

La deuxième partie de notre recherche consiste à la vérification de l'hypothèse, c'est-à-dire la comparaison des données climatiques enregistrées entre la palmeraie et le désert. Celle-ci est effectuée sur terrain pendant la période estivale (été 2007), elle consiste à la prise des mesures de température et d'humidité, vitesse de l'air par des instruments de mesures spécifiques sur différentes stations allant de l'intérieur de la palmeraie jusqu'à une certaine distance dans le désert, et ce pour examiner le prolongement de la fraîcheur qui peut être apportée par la palmeraie.

A la fin de notre recherche, on aboutit à des recommandations utiles pour l'aménagement et l'intégration du couvert végétal dans les régions chaudes et arides.

## Structure de la recherche :



## **L'approche bioclimatique en architecture & l'urbanisme**

La bioclimatologie est définie comme étant la science qui étudie l'influence des facteurs climatiques sur le développement des êtres vivants. Dans son oeuvre séminale *Design with Climate - A Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism* parue en 1963, Victor Olgyay tentait pour la première fois de rétablir le lien fondamental existant entre environnement bâti et environnement naturel. Il définit ainsi l'approche bioclimatique comme étant l'interrelation entre climatologie, biologie, technologie et architecture. La climatologie se réfère à l'exploitation de l'énergie ambiante, soleil et vent, la biologie dans la satisfaction des besoins physiologiques des êtres humains, la technologie par le contrôle de l'environnement à l'aide d'une technologie juste et ultimement, l'architecture, point de convergence de ces trois domaines dans un seul artefact puisant dans l'art de construire développé par une longue adaptation empirique aux contraintes

Environnementales, sociales et économiques locales. Olgyay, malgré sa démarche clairement déterministe, reconnaissait ainsi que l'architecture, dans toute sa diversité régionale, constitue un mode d'expression privilégié du développement durable.

De nombreux mouvements plus spécialisés se sont ensuite succédés. Qualifiés d'abord d'architecture solaire, climatique, éco-énergétique, voire autonome. Cette première période a été marquée par des bâtiments prototypes où l'économie d'énergie propulsée par la crise du pétrole occultait les besoins biologiques de confort. Nous assistons depuis peu à la mouvance vers la réponse aux besoins biologiques de qualité de l'air intérieur et de matériaux sains par l'architecture écologique, verte et plus récemment entrée dans le vocable, la HQE (haute qualité environnementale). Cette dernière propose de minimiser les impacts du bâtiment sur l'environnement extérieur tout en optimisant la qualité des environnements intérieurs. L'approche HQE s'attaque pour la première fois à la dialectique intérieur-extérieur, déjà identifiée par Rudolph Arnheim dans *Dynamique de la forme architecturale* comme le défi fondamental de l'architecte. Elle suppose donc une économie de ressources (solaire passif, actif, éclairage naturel), une réduction de la pollution de l'air, de l'eau et des sols (systèmes de production énergétiques), une réduction de la pollution des déchets ultimes (réduction, réutilisation, recyclage), et une relation satisfaisante du bâtiment avec son environnement physique immédiat (relief, couvert végétal, microclimats locaux, image, matériaux) afin de créer des conditions de vie confortables (ambiances physiques hygrothermique, visuelle,

acoustique, olfactive ) et des conditions de vie saines . La HQE propose une résolution globale de l'équation environnement- confort -santé.

Dans son sens biologique le plus large, on pourrait dire que l'approche bioclimatique est inclusive des considérations écologiques actuelles de la HQE et de l'architecture verte. En effet, en situant les êtres vivants au coeur de sa définition, l'approche bioclimatique reconnaît implicitement l'importance de tous les êtres vivants, faunes et flores incluses ainsi que l'impact de l'acte de bâtir sur celles-ci. Elle propose une démarche scientifique s'adaptant aux cycles de la nature en termes de matière et d'énergie.

L'approche bioclimatique s'inscrit dans le cycle incessant d'adaptation des organismes vivants aux variations environnementales, définition même de la vie. Et ici réside la particularité de l'approche bioclimatique; c'est une approche sélective des spécificités du climat afin d'optimiser le confort des usagers par une adaptation constante du bâtiment et de ses habitants aux variations environnementales. L'approche bioclimatique est fondamentalement couplée avec l'extérieur.

## CHAPITRE I

### L'environnement & L'homme



**I-1 : Introduction :**

L'environnement est notre cadre de vie, c'est l'ensemble des éléments naturels, végétaux, et artificiels (construit par l'homme). Il comprend différents " milieux de vie " de tailles très variables : une forêt, un champ, une pelouse, un vieux mur, un coin de fleurs,..... etc.

Dans un environnement, chaque endroit a des caractéristiques physiques qui leur sont propres, c'est-à-dire qui leur appartiennent, éclairage, température, humidité, vent. A l'intérieur d'un milieu, les êtres vivants présents semblent répartis suivant ces caractéristiques, ils sont en relation les uns avec les autres, mais aussi avec les éléments naturels non vivants, minéraux, roches, air, eau.....).L'environnement est un pilier du développement durable, car face aux changements climatiques, l'ensemble des ressources naturelles doit être préservé pour que les générations futures puissent bénéficier d'une terre sur laquelle, elles puissent vivre et satisfaire à leurs besoins fondamentaux: se nourrir, se loger, se vêtir, s'instruire, travailler, vivre dans un cadre agréable et sain.

La plantation des arbres constitue une étape vers un environnement local et planétaire plus sain, ainsi qu'une initiative visant à améliorer le fonctionnement écologique des villes. C'est un élément important du développement communautaire, lorsqu'elle est bien planifiée, la végétation offre des avantages économiques et la diminution des besoins en climatisation, des coûts de la lutte contre la pollution de l'air, et la santé de l'être humain.

Aujourd'hui, il y a plus de six milliards d'hommes sur terre, et certaines régions sont surpeuplées. Les besoins en terres cultivables, en matières premières et en sources d'énergie croissent constamment et les moyens techniques permettant de modifier ou même de détruire le milieu ont une puissance considérable. En outre, les hommes se concentrent dans des villes dont l'air est de plus en plus pollué et ils perdent le contact avec la nature.

La dégradation de la biosphère qui en résulte aura des conséquences de plus en plus préoccupantes.

**I-2 : Définition du mot environnement :**

D'après le dictionnaire l'environnement est défini comme :

- « Ensemble, à un moment donné, des agents physiques, chimiques et biologiques et des facteurs sociaux susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les organismes vivants et les activités humaines »<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vocabulaire de l'environnement Hachette, 1972, Paris, p48

D'une façon plus générale, l'environnement est constitué de "l'ensemble des éléments qui, dans la complexité de leurs relations, constitue le cadre, le milieu, les conditions de vie pour l'homme" (Pierre George, géographe).

### **I-3 : Les composantes de l'environnement humain:**

L'environnement présente dans sa globalité un système d'une grande importance et très complexe où ses composantes sont liées par des effets réactifs qui forme dans sa totalité une unité complète caractérisée par la continuité et l'équilibre.

Les spécialistes confirment qu'il n'est pas de grande différence entre les définitions des chercheurs concernant les composantes de l'environnement. Selon le contenu du congrès de Stockholm 1972, l'environnement est tous qui environne l'être humain et d'après ce concept on peut diviser l'environnement où vit l'être humain en :

**I-3-1- : L'environnement naturel** : il comporte les facteurs climatiques température, humidité, vent, soleil élément du sol, relief, plantes, animaux ... etc.

**I-3-2-: L'environnement bâti** : c'est l'espace construit et peuplé par l'homme par exemple: ville, village, maison, école.....etc.

**I-3-3-: L'environnement social** : c'est la dimension principale qui différencie l'architecture sur d'autres disciplines, le facteur social qui engendre les relations entre les êtres humains de point de vue tradition culture, religion, valeurs.

### **I-4 : L'écologie**

D'après le dictionnaire l'écologie est définie comme :

(L'étude des relations de l'être vivant entre eux et avec leur milieu), En 1866, le biologiste allemand Ernst Haeckel invente le mot écologie (Ökologie en allemand) pour désigner l'étude des milieux dans lesquels vivent les animaux et les plantes.

Il bâtit ce mot à partir du grec **oikos**, qui veut dire « maison » ou « habitat », et logos, qui veut dire « discours » ou « science ». À l'origine, l'écologie est donc la « science des habitats ».

### **I-4-1 : L'écosystème**

En écologie, un écosystème désigne l'ensemble formé par une association ou communauté d'êtres vivants (ou biocénose)<sup>2</sup> et son environnement géologique, pédologique et atmosphérique (le biotope)<sup>3</sup>. Les éléments constituant un écosystème développent un réseau d'interdépendances permettant le maintien et le développement de la vie. Un écosystème est l'interaction entre les facteurs biotiques et abiotiques. Dans l'écosystème, le rôle du sol est de fournir une diversité d'habitats, d'agir comme accumulateur, transformateur et milieu de transfert pour l'eau et les autres produits apportés. En observant les êtres vivants dans leur milieu, certaines relations sont frappantes. Les cactus, par exemple, vivent dans les milieux désertiques, mais jamais dans un étang. Pour les nénuphars, c'est le contraire on les trouve dans les étangs, mais jamais dans les déserts. On peut déduire de ces observations simples que les êtres vivants dépendent de leur milieu. On appelle l'ensemble formé par les êtres vivants et leur milieu un écosystème (un simple jardin, une forêt ou un étang sont des écosystèmes). Une partie de l'écologie consiste donc à étudier les écosystèmes.

### **I-4-2 : Les facteurs écologiques abiotiques**

Parmi les organismes non vivant qui ont un grand intérêt dans notre recherche:

#### **I-4-2-1) Les facteurs physiques et climatiques**

- a) **l'eau** : composante indispensable à la vie, véhicule les nutriments
- b) **l'air** : fournit l'oxygène et le gaz carbonique aux organismes vivants
- c) **la lumière** : à la base de la photosynthèse
- d) **la température** : température moyenne de la terre est 15 °C

L'énergie prépondérante provient du rayonnement solaire, l'activité interne de la terre est une source négligeable pour le climat (mais importante pour certains organismes, exemple : sources hydrothermales).

---

<sup>2</sup> En écologie, une biocénose désigne l'ensemble des êtres vivants coexistant dans un espace défini. En écologie, un biotope est un ensemble d'éléments caractérisant un milieu physico-chimique déterminé et uniforme qui héberge une flore et une faune spécifiques.

<sup>3</sup> Portion de l'espace ou l'ensemble du facteur physique et chimique de l'environnement reste sensiblement constant ou suit des variations périodiques.

## I-5 : Les Mécanismes climatiques

### I-5-1 : Le rôle du soleil

Les radiations solaires apportent à la terre la lumière et la chaleur nécessaire à la vie. Un quart de ce rayonnement est réfléchi par l'atmosphère, un autre quart absorbé par elle et donc seulement environ 50% du rayonnement atteint la terre. Celle-ci absorbe plus ou moins les rayons, selon les endroits, selon la couleur et le relief de la surface réceptrice. Les surfaces plates et claires sont celles qui absorbent le moins. Cette chaleur captée est renvoyée par la Terre et reste en partie dans l'atmosphère, retenue par la vapeur d'eau et le gaz carbonique, créant un "effet de serre".

### I-5-2 : Le cycle de l'eau

L'essentiel de l'eau disponible sur terre se trouve dans les océans, points de départ et d'arrivée du cycle de l'eau (fig1-1), Ce cycle se décompose en quatre phases, La première est celle de l'évaporation (le rayonnement solaire transforme l'eau en vapeur qui forme des nuages). Ceux-ci se déplacent sous l'influence des vents c'est la deuxième phase, en suite vient la précipitation (la vapeur se condense, redevient liquide et précipite). Cette phase intervient quand la masse d'air est saturée en humidité, froide, et qu'elle s'élève. Selon la cause de l'élévation, on distingue les pluies frontale, orographique, d'advection et de convection.

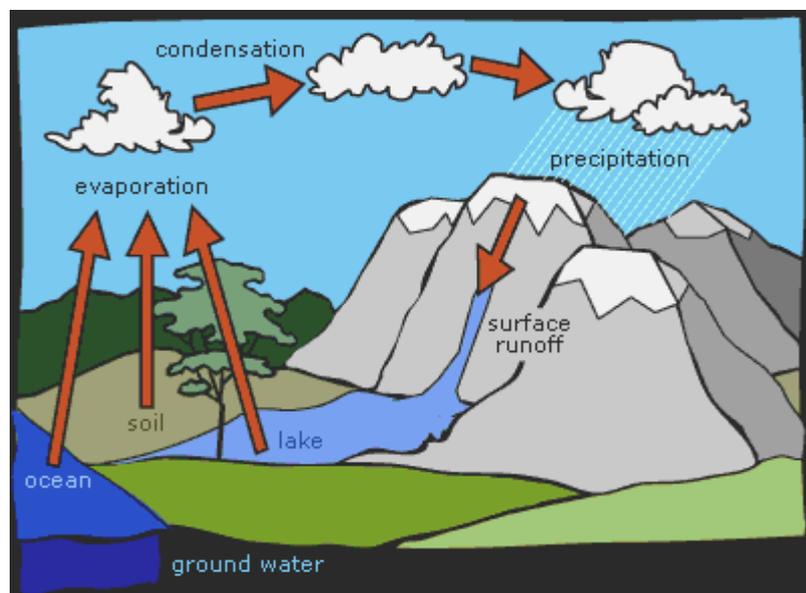


Figure n°1-1 : Le cycle de l'eau <sup>4</sup>

<sup>4</sup> [www.guamepa.govguam.net/index.html](http://www.guamepa.govguam.net/index.html)

**I-5-3 : L'évapotranspiration**

On appelle évapotranspiration (ET) le phénomène combiné de perte en eau par transpiration des plantes et par évaporation directe de l'eau du sol et des surfaces d'eau libre, Cela correspond au phénomène physique de passage de l'état liquide à l'état gazeux Dans les conditions naturelles.

**a) Méthode de calcul de l'évapotranspiration :**

Toutes les plantes transpirent de l'eau avec un taux relativement à leur espèce, et à la disponibilité de l'eau et aussi d'autres facteurs climatiques comme la vitesse du vent, rayonnement solaire, l'humidité et la température de l'air. Pour déterminer la quantité d'évapotranspiration pour une récolte ou une espèce particulière d'arbre en multipliant un coefficient de récolte ( $k_c$ ) par l'évapotranspiration de référence  $ET_C = K_C \times ET_O$ , pour un arbre simple, le taux volumétrique d'évapotranspiration ( $V_{ET}$ ) est obtenu en multipliant le secteur de couronne ( $C_A$ ) par Le taux d'évapotranspiration de l'arbre (Akbari et autres, 1992).

$$V_{ET} = ET_C \times C_A = K_C \times ET_O \times C_A$$

Pour estimer l'évapotranspiration de référence ( $ET_O$ ) dans n'importe quels conditions climatiques selon l'équation de penman et Monteith :

$$ET_o = \left( \frac{\Delta(R_n - G) + K_{\text{min}} \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left( 1 + \frac{r_s}{r_a} \right)} \right) / \lambda$$

Où :

**ET<sub>o</sub>** : évapotranspiration de référence, (mm d<sup>-1</sup> ou mm h<sup>-1</sup>)

**R<sub>n</sub>** : rayonnement net, (MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> ou MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>)

**G** : flux de la chaleur de sol, (MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> ou MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>)

**(e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>)** : représente le déficit de pression de vapeur d'air, (kPa)

**e<sub>s</sub>** : pression de vapeur de saturation d'air, (kPa)

**e<sub>a</sub>** : pression réelle de vapeur d'air, (kPa)

**p<sub>a</sub>** : densité moyenne d'air à la pression atmosphérique constante, (kg m<sup>-3</sup>)

**C<sub>p</sub>** : chaleur spécifique d'air, (MJ kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>)

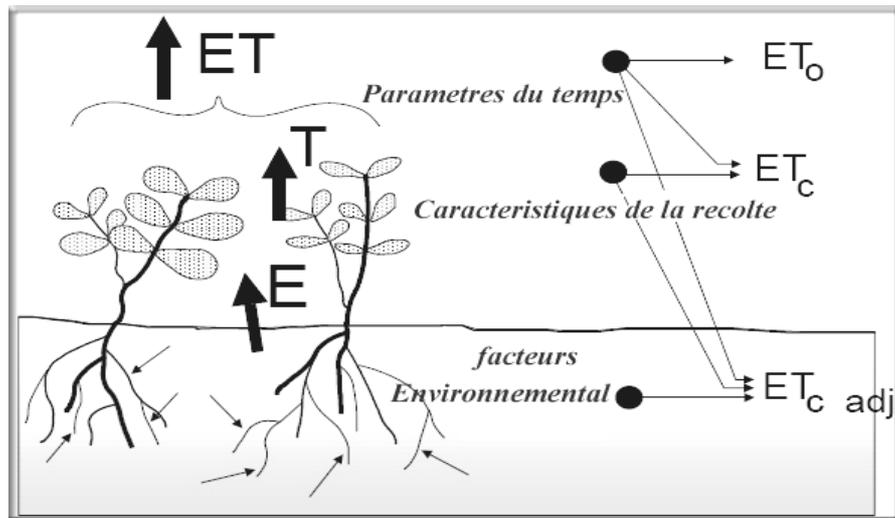
**Δ** : rapport de la pente de la température de pression de vapeur de saturation, (kPa °C<sup>-1</sup>)

**γ** : constante psychométrique, (kPa °C<sup>-1</sup>)

- $r_s$  : résistance extérieure (en bloc), ( $s\ m^{-1}$ )  
 $r_a$  : résistance aérodynamique, ( $s\ m^{-1}$ )  
 $\lambda$  : chaleur latente de la vaporisation, ( $MJ\ kg^{-1}$ )  
 $K_{time}$  : conversion d'éléments, égale à  $86.400\ s\ d^{-1}$  pour  
 ET ( $mm\ d^{-1}$ ) et égale  $3600\ s\ h^{-1}$  pour ET ( $mm\ h^{-1}$ )

### b) Facteurs météorologique déterminant ET :

Les facteurs météorologiques déterminant l'évapotranspiration sont des paramètres de temps qui fournissent l'énergie pour la vaporisation d'eau sont présentés ci-dessous :



**Figure n°1-2:** Facteurs météorologique déterminant ET

Source : FAO

#### 1 : Rayonnement solaire

Le processus d'évapotranspiration est déterminé par la quantité d'énergie disponible pour vaporiser l'eau. Le rayonnement solaire est la plus grande source d'énergie et peut changer de grandes quantités de l'eau liquide dans la vapeur d'eau. La quantité potentielle de rayonnement qui peut atteindre la surface d'évaporation est déterminée par son endroit et période de l'année. En raison des différences en position du soleil, le rayonnement potentiel diffère selon latitudes et les différentes saisons. Le réel le rayonnement solaire atteignant la surface d'évaporation dépend de la turbidité de l'atmosphère et la présence des nuages qui reflètent et absorbent les majeures parties du rayonnement. En évaluant l'effet du rayonnement solaire sur l'évapotranspiration, on devrait également considérer que ce n'est pas toute l'énergie disponible est employée pour vaporiser l'eau. Mais une seule partie de l'énergie solaire qui est employée pour réchauffer l'atmosphère et le profil de sol.

## **2 : Température de l'air**

Le rayonnement solaire absorbé par l'atmosphère et la chaleur émise par la terre augmentent la température de l'air, La chaleur sensible d'air environnant transfère l'énergie à la récolte et influe sur le taux d'évapotranspiration.

Par temps ensoleillé et chaud, la perte de l'eau par évapotranspiration est plus grande que par temps nuageux et frais.

## **3 : Humidité de l'air**

Tandis que l'approvisionnement en énergie du soleil et de l'air environnant est la force d'entraînement principale pour vaporisation de l'eau, la différence entre la pression de vapeur d'eau à évaporer la surface et l'air environnant est le facteur détermination pour l'extracteur de vapeur.

Les champs bien arrosés dans des régions arides et chaudes consomment de grandes quantités de l'eau due à l'abondance d'énergie et la puissance de dessèchement de l'atmosphère. Dans des régions tropicales humides, malgré l'absorption d'énergie élevée, l'humidité élevée d'air réduira la demande d'évapotranspiration. Dans un tel environnement, l'air est déjà près de saturation, de sorte que moins d'eau additionnelle puisse être stockée et par conséquent le taux d'évapotranspiration est inférieur dans des régions arides.

## **4 : Vitesse de Vent**

Le processus de l'extracteur de vapeur dépend largement de la turbulence de vent qui transfère les grandes quantités d'air excédent de la surface d'évaporation, Quand l'air au-dessus de la surface d'évaporation devient graduellement saturé avec la vapeur d'eau, s'il n'est pas remplacé avec l'air plus sec, le taux d'évapotranspiration diminué.

La demande d'évapotranspiration est haute dans le temps chaud et sec dû à la sécheresse de l'air et de la quantité d'énergie solaire disponibles dans des conditions arides où petites variations en vitesse de vent peut avoir comme conséquence de plus grandes variations du taux d'évapotranspiration.

## **C) l'importance de l'évaporation**

L'évaporation est un phénomène important indispensable dans le cycle de la vie.

Le cycle bien connu de l'eau (eau liquide devient nuage, puis retombe en pluie ou neige) nécessite cette étape. L'évaporation demande une quantité d'énergie en général non négligeable (la chaleur latente de vaporisation), ce qui permet par exemple la régulation de température chez les homéothermes par transpiration et évaporation de la sueur, ou encore le rafraîchissement d'une cruche en terre, ou de l'air par nébulisation (aérosol d'eau).

**I-5-4 : La circulation atmosphérique**

Les différences de températures à la surface de la terre créent des courants puissants qui transportent la chaleur vers les pôles et le froid vers les tropiques. Ce sont surtout des flux atmosphériques, des déplacements de masses d'air. La rotation de la Terre sur elle-même dévie ses flux, créant des tourbillons. Dans certains, les anticyclones, l'air descend (il est subsident) et diverge créant des hautes pressions. Dans d'autres, les dépressions, l'air monte (il est ascendant) et converge. Quand l'air monte, il se refroidit et s'humidifie, ce qui peut provoquer des précipitations. C'est l'inverse quand il descend.

**I-5-5 : Des modifications de l'environnement climatique****I-5-5-1 : Des adaptations ou des modifications volontaires ponctuelles**

L'homme peut modifier le climat selon ses désirs sur de petits volumes d'air et dans certaines conditions. Dans la vie quotidienne, c'est notamment le rôle des vêtements et de l'habitat. C'est aussi le cas pour l'agriculture : les serres visent à augmenter la chaleur et l'humidité ; des haies sont mises en place pour couper le vent ; l'irrigation permet de lutter contre la sécheresse. Pour le tourisme, des canons à neige en montagne permettent de créer un enneigement artificiel. Toutefois, toutes ces actions demeurent limitées car ce ne sont que des adaptations : les mécanismes climatiques profonds ne sont pas modifiés.

**I-5-5-2 : De réelles modifications au niveau du sol**

Les activités humaines peuvent modifier fortement le sol et ses capacités d'absorption et de réfléchissement des radiations solaires, ce qui influe alors sur l'humidité et les températures. C'est le cas, dans les milieux ruraux lorsque la déforestation ou le reboisement sont intenses mais aussi lorsque l'on crée des lacs artificiels. D'autre part, les villes créent des îlots de chaleur car les façades des bâtiments augmentent les surfaces d'échauffement et provoquent de la réverbération, ce qui augmente l'absorption de chaleur pour la rue. Cette chaleur plus intense est due aussi au fait que les matériaux utilisés pour les constructions urbaines (béton, goudron) s'échauffent plus facilement que la végétation ou le sol. De manière générale, dans les villes, il fait donc plus chaud que dans les campagnes.

A titre d'exemple l'asphalte a un albédo de 0,05 à 0,20 et le goudron de 0,03 à 0,18. Les surfaces noires exposées au soleil peuvent devenir jusqu'à 21°C plus chaudes que les surfaces blanches ayant un albédo de 0,50 à 0,905 (voir tab:1-1).

De nombreuses études ont démontré des réductions significatives de la charge de refroidissement des bâtiments quand l'albédo est élevé (en changeant la couleur des surfaces par exemple)<sup>6</sup>

**Tableau n°1-1 : Valeurs de réflectivité de diverses surfaces**

Source : Oke, 1998; Ahrens, 2001

Surface	Détails	Albédo
Soil	Dark & wet versus	0.05
	Light & dry	0.40
Sand		0.15-0.45
Grass	Long versus	0.16
	Short	0.26
Agricultural crops		0.18-0.25
Tudra		0.18-0.25
Forests	Deciduous	0.15-0.20
	Coniferous	0.05-0.15
Water	Small zenith angle versus	0.03-0.10
	Large zenith angle	0.10-1.0
Snow	Old	0.40
	Fresh	0.95
Ice	Sea	0.30-0.45
	Glacier	0.20-0.40
Clouds	Thick	0.60-0.90
	Thin	0.30-0.50

<sup>5</sup> <http://www.equiterre.qc.ca>

<sup>6</sup> <http://www.jxj.com>

### I-5-5-3 : Des modifications atmosphériques

Le climat peut aussi être modifié par l'homme par la pollution atmosphérique qu'il crée localement mais aussi à l'échelle mondiale. Les activités humaines peuvent en effet modifier la composition gazeuse de l'atmosphère donc influer sur ses capacités de filtrage des radiations solaires ou du rayonnement terrestre. C'est le cas par exemple en situation anticyclonique stable dans des zones fortement urbanisées et industrialisées : le beau temps théorique peut alors être remplacé par une sorte de couvercle brumeux sur ces zones puisque dans ces circonstances, les gaz polluants s'accumulent et restent sur place par manque de vent. Ce couvercle tend à provoquer une hausse des températures. A l'échelle mondiale, les activités humaines ont modifié la couche d'ozone.

### I-5-6 : Bilan radiatif et bilan d'énergie :

Les transferts d'énergie dans l'environnement non urbain (fig1-3) se font sous différentes formes :

- radiative (rayonnements)
- conductivité (pas de déplacement du support)
- convective (déplacement du support)
- changement d'état (évaporation)

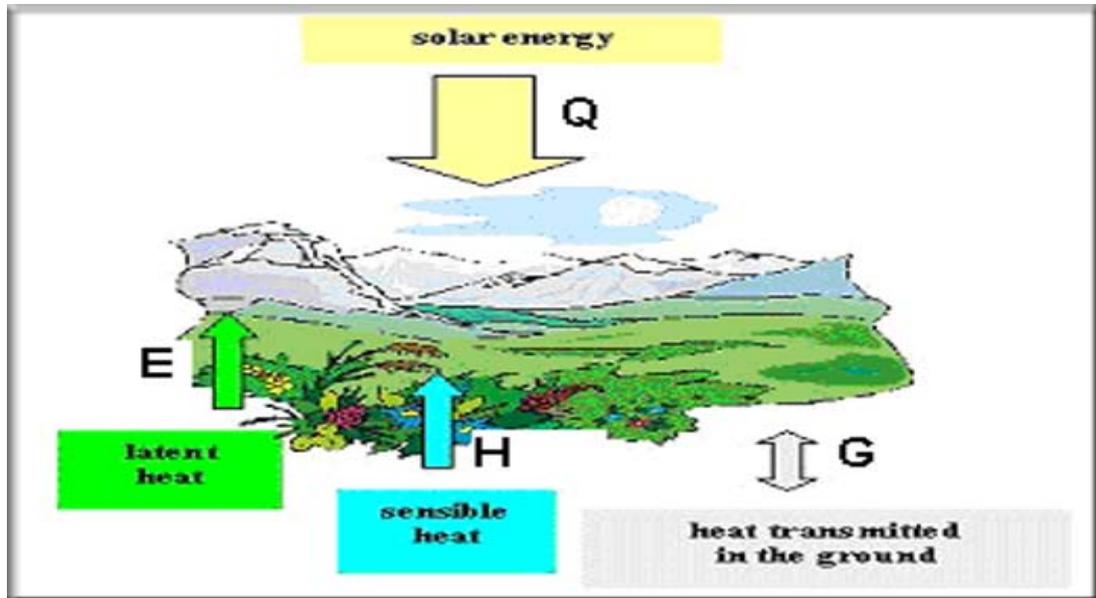


Figure n°1-3: Eléments du bilan thermique d'une surface non urbaine

Source : Sébastien Wypych, 2003

Où :

**Q** : flux radiatif net global (toutes les ondes confondues).

**H** : la chaleur sensible absorbée ou transmise par l'air ou la terre

**E** : la chaleur latente libérée ou absorbée pendant un changement

D'état de l'eau (par exemple l'évaporation implique l'absorption de l'énergie

Tandis que la condensation implique un dégagement d'énergie)

**G** : la chaleur transportée par conduction dans la terre

A noter que pendant la journée, les signes sont différents que pendant la nuit :

- **Journée** : l'air est plus froid que la terre, ainsi le transfert thermique tend à diminuer la différence et à chauffer l'air :  $Q - H - E - G = 0$

- **Nuit** : il n'y a pas de soleil donc il n'y a pas de livraison d'énergie sur la surface de la terre, la chaleur ira de l'atmosphère à la terre. Habituellement, pendant la nuit, la terre se refroidit plus que l'air, alors que l'air se refroidit plus lentement :  $-Q + H + E + G = 0$

### **I-6 : Relation climat organismes vivants**

L'environnement naturel désigne toutes les créatures de dieu sur la planète terre tel que les différents reliefs, montagnes, fleuves, cours d'eau, océan lac,...ainsi les êtres vivants hommes, animaux, plantes et tous ce qui l'enveloppe atmosphère.

Ces éléments vivent entre eux en composant un équilibre écologique, et le climat joue un rôle fondamental sur l'évolution et les caractéristiques des plantes, animaux, humains selon différentes zones climatiques du globe terrestre.

#### **I-6-1 : Les relations climats & végétations**

Les climats peuvent varier sur de faibles distances selon les influences dues à des facteurs locaux déterminés : le relief, l'altitude, la présence de nappes d'eau (mer, lacs, étangs...), la présence ou l'absence de végétation sur le sol et la hauteur de cette végétation (cultures, prairies ou arbres) <sup>7</sup>

##### **I-6-1-1 : Les biomes :**

C'est un ensemble d'écosystèmes caractéristique d'une aire biogéographique et nommé à partir de la végétation prédominante (voir figure n° 1-4), le climat et la géographie d'une région déterminent quel type de biome peut exister dans cette région. Les biomes principaux incluent des déserts, des forêts, des prairies, la toundra, et plusieurs types d'environnements aquatiques. Chaque biome se compose de beaucoup d'écosystèmes adaptés aux petites différences dans le climat et l'environnement en son sein.

Toutes les choses vivantes sont étroitement liées à leur environnement, n'importe quel changement d'un des éléments de l'environnement, comme une augmentation ou une

<sup>7</sup> ESCOURROU, G. 1981, *Climat et environnement* : les facteurs locaux du climat, édition Masson.

diminution d'une espèce d'animal ou d'usine, cause un effet d'ondulation de changement dedans par d'autres parties de l'environnement.

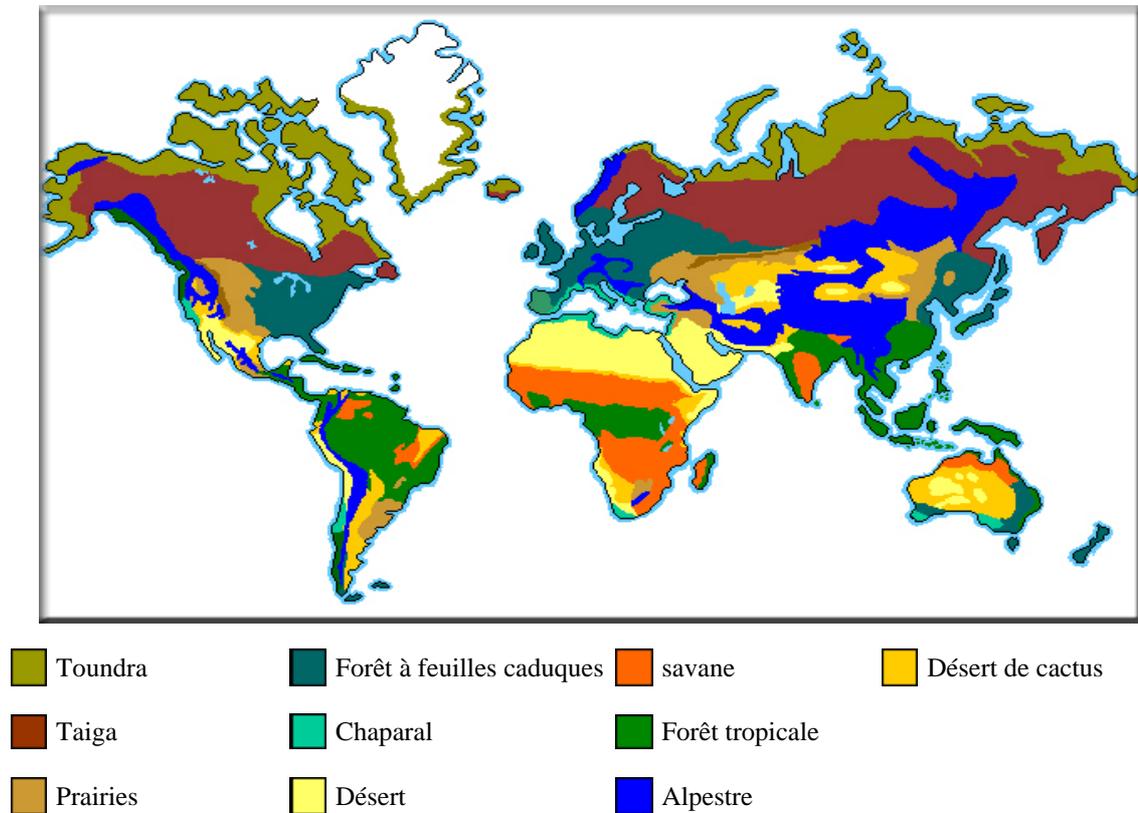


Figure n° 1-4 : Grands types de végétations associées aux climats

source :E.Benders-Hyde

### I-6-1-2-Les facteurs principaux de répartition :

#### a) Influence du climat : facteurs climatiques de répartition :

- la température : Le rôle du gel est fondamental.  
Ex. Olivier : pas de gel, aire de répartition restreinte à la méditerranée
- la quantité et la disponibilité de l'eau Plantes ont besoin d'eau : absorption de son poids/jour Mécanismes de rétention d'eau en milieu aride (Baobab)
- la lumière. : Importance de l'alternance de lumière pour le cycle de photosynthèse.
- le microclimat : Le microclimat peut-être plus important que le climat général.(ex. influence du vent,influence de l'hydrodynamisme pour les fucus).

#### b) Influence du sol : facteurs édaphiques :

- Propriétés physiques du sol (porosité, teneur en eau, pH, ...)
- Nature du sol (sables, argiles, rochers, ...)
- Composition chimique ([sels nutritifs], (calcaire vs. Silice), ...)
- Origine du sol (alluvions, roche mère, ...)

**I-6-1-3 : Répartition de la végétation sur la terre:**

Le climat a une forte influence sur la répartition de la végétation sur la terre et vice versa. Il suffit de savoir que Koppen s'est basé sur les différents types de végétations pour définir ses propres zones climatiques en créant ainsi une méthode de classification des climats appelée « méthode de Koppen ».

**a)-Le climat polaire :** le monde du Grand Froid :

On y trouve la toundra (végétation formée de mousses, de lichens et de petits arbustes).

**b)-Le climat océanique :** un climat modéré :

C'est le domaine de la forêt d'arbres à feuilles caduques (hêtre, chêne,...)

**c)-Le climat continental :** de forts contrastes été/hiver :

On y trouve l'immense taïga (forêt de conifères: bouleaux, sapins, pins), notamment en Sibérie. Plus au sud, la taïga laisse la place à la prairie (constituée de hautes herbes) souvent transformée en riches régions agricoles

**d)-Le climat méditerranéen :**

La végétation s'est adaptée à la sécheresse d'été :

C'est là que l'on trouve la garrigue et le maquis (petits buissons et arbustes bas et épineux). L'arbuste le plus représentatif de ce climat reste l'olivier.

**e)-Le climat équatorial :** chaleur et humidité :

La végétation naturelle est la forêt dense (forêt où la végétation est très touffue, humide, toujours verte, où l'on trouve des arbres gigantesques, pouvant atteindre 50 mètres.

**f)-Le climat tropical :**

La savane (végétation formée de hautes herbes et d'arbres dispersés, comme l'acacia, le baobab,...) Vers les tropiques, où le climat est plus sec, on trouve la steppe (constituée de touffes d'herbes dispersées et de buissons épineux).

**g)- Le climat désertique :** chaud et sec

La végétation est très rare : elle est constituée de plantes munies de grandes feuilles et de racines très profondes pour capter l'eau en profondeur (le palmier).

**I-6-2 : Indice global de végétation (NDVI)**

Beaucoup d'études et de recherche récentes dans le monde ont mentionné la possibilité d'utilisation d'outils et techniques de télédétection pour analyser et évaluer les états de dégradation du couvert végétal en basant sur ce qui s'appelle NDVI(Normalized Différences Végétation Index) .

C'est un indicateur de la vigueur et de la densité de la végétation au sol par satellite. Il est calculé en employant la quantité de lumière visible et proche de l'infrarouge.

La végétation saine et dense absorbera la plupart de lumière visible et réfléchira la lumière proche de l'infrarouge, considérant que la végétation malsaine ou clairsemée réfléchira une lumière plus visible et moins proche de l'infrarouge. Valeurs basses de NDVI (0 - 0.1) indique la terre stérile ou couverte de neige. Valeurs moyennes (0.2 - 0.5) indique les arbustes et les prairies, et valeurs élevées (0.6 - 0.9) indiquent les forêts tropicales tempérées et denses.

L'indice de différence normalisée de la végétation se calcule généralement comme suit :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Proche infrarouge} - \text{Rouge}}{\text{Proche infrarouge} + \text{Rouge}}$$

C'est sur la base de cette simple formule qu'a été cartographiée la répartition mondiale de la végétation (voir fig 1-5), plus la valeur de NDVI est élevée, plus la **densité** ou l'état de verdure de la végétation est important.

D'après l'image du satellite notre pays l'Algérie a un indice varié entre (0-0.1) ce qui indique une faible densité du couvert végétal.

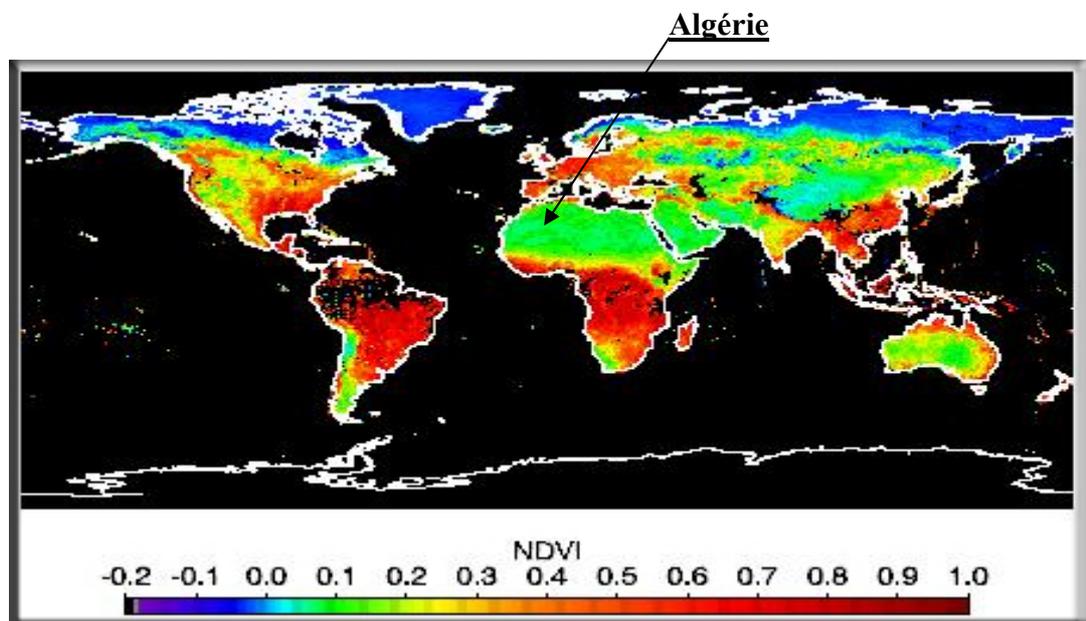


Figure n°1-5 : Indice de différence normalisée de la végétation (NDVI)

Source: NASA, 2005

## I-7 : Rôle écologique de la végétation :

### I-7-1 : Production de l'oxygène

Les plantes produisent de l'oxygène et procurent ainsi à l'atmosphère l'élément qui permet aux êtres humains de respirer et de vivre sur cette planète. En moyenne, un arbre peut produire 260 livres d'oxygène par an et deux arbres mûrs produisent suffisamment d'oxygène pour une famille de quatre personnes (Environnement Canada, 2005). De même, une pelouse naturelle de 50 pieds sur 50 pieds libère suffisamment d'oxygène pour suffire à une famille de quatre personnes (Université d'État de Virginie, 2004). Selon Peck<sup>8</sup>, 150 m<sup>2</sup> de surface foliaire répondrait aux besoins essentiels en oxygène pour une personne, annuellement.

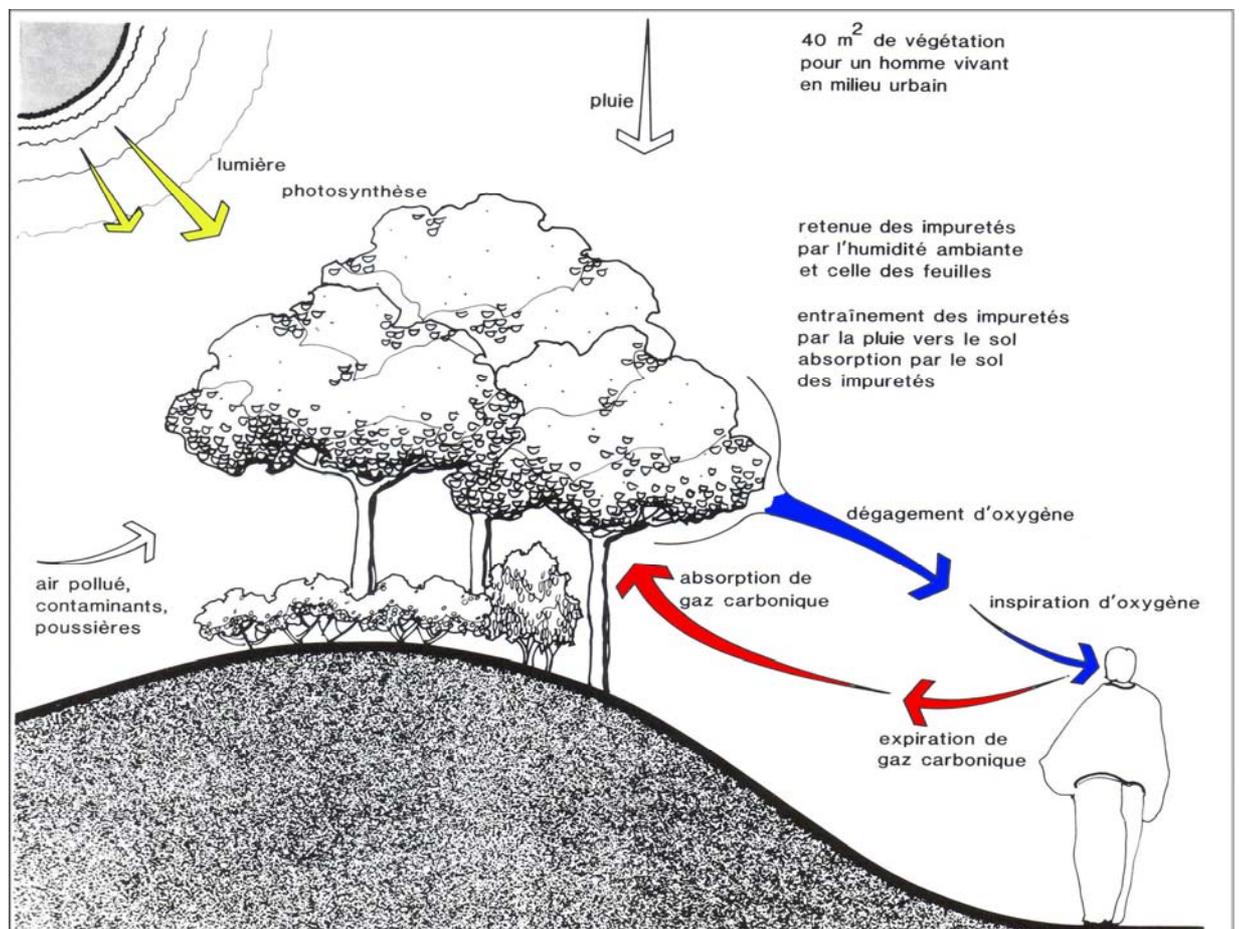


Figure n°1-6 : Contrôle de l'atmosphère par la végétation <sup>9</sup>

<sup>8</sup> Peck and al, 1999, Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada, Mortgage and Housing Corporation, Toronto.

<sup>9</sup> Yves Figoli, 1983, l'art de bâtir, volume, édition Modulo canada, P229.

### **I-7-2 : Puits de carbone**

Les végétaux absorbent du dioxyde de carbone et le convertissent en glucides (sucres). Ces sucres procurent au végétal l'énergie pour pousser. Tandis que la plante ou certaines de ses parties dépérissent, la décomposition du matériel végétal restitue le carbone au sol et à l'atmosphère. Le taux et les concentrations auxquels le carbone provenant de la décomposition est rejeté dans l'atmosphère plutôt que dans le sol, continuent de faire l'objet d'études (Idso, 2007). Le carbone dans les sols peut être libéré par le travail du sol ou par sa perturbation (Kumar et Pandey, 2006).

Ce cycle d'absorption du carbone de l'atmosphère et de sa séquestration dans les végétaux et le sol s'appelle la séquestration du carbone. Un arbre dans une forêt séquestre entre 4,5 et 11 kg de carbone par an (Akbari, 2002) tout simplement en croissant normalement et en utilisant du dioxyde de carbone pour ce faire.

La capacité des végétaux à séquestrer le carbone est un processus important qui peut servir à réduire les hausses des concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère qui se produisent depuis la révolution industrielle (Alley et autres, 2007). Le Dioxyde de carbone est un « **gaz à effet de serre** »<sup>10</sup> et, à ce titre, il contribue à l'élévation des températures planétaires moyennes (Alley et autres, 2007). Il est fort probable que ces changements aboutissent à des modifications importantes du climat dans toute la planète (Alley et autres, 2007). Les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère augmentent à un rythme alarmant, ce qui s'explique principalement par la combustion des combustibles fossiles, mais également par le changement dans l'emploi des terres (Alley et autres, 2007). Pour contrecarrer cette tendance, on aménage des espaces verts (ou on plante de grands arbres) dans les emprises publiques, les parcs et les espaces verts afin de renforcer la disponibilité mondiale de « puits de carbone » (McPherson, 2005).

### **I-7-3 : Réduction de la pollution**

On a dit des arbres et des végétaux qu'ils sont les « poumons des villes » (McPherson, 2005), car ils sont capables d'absorber les contaminants dans l'air que l'on respire.

Agissant à la manière de filtres naturels et contribuant à réduire la pollution atmosphérique, on a démontré que les végétaux ont des bienfaits pour la santé, ils réduisent le taux de mortalité et le nombre de visites dans les hôpitaux (Powe et Willis, 2004).

---

<sup>10</sup> Les gaz à effet de serre permettent à la lumière naturelle de pénétrer dans l'atmosphère, mais ils captent bon nombre des ondes lumineuses réfléchies, ce qui emprisonne l'énergie et la chaleur dans l'atmosphère et réchauffe la planète comme une serre (Energy Information Administration, 2004).

Parmi les façons dont les végétaux réduisent la pollution atmosphérique, mentionnons les suivantes :

- absorption des polluants gazeux dans leurs feuilles, par exemple l'azote, les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre.
- réduction accrue des concentrations d'ozone au niveau du sol en réduisant la température par évapotranspiration, comme nous l'avons vu précédemment.
- accumulation des poussières, des cendres, du pollen et d'autres particules sur leurs feuilles, ce qui réduit leur présence dans l'air que nous respirons, chaleur, libérations d'oxygène, comme nous l'avons vu plus haut ce qui améliore la qualité de l'air que nous respirons.(McPherson, 2005)

#### **I-7-4 : Contrôle de l'érosion**

Les espaces verts ont un rôle de stabilisateur des terre (talus, terrains en pente...), contre l'érosion due à l'écoulement des eaux pluviales (fig1-7), qui transportaient la première couche sous forme de boue et la déposent sur les surfaces bitumes de la chaussée et en ville sans oublier leur rôle de stabilisateur contre les glissements de terrains.

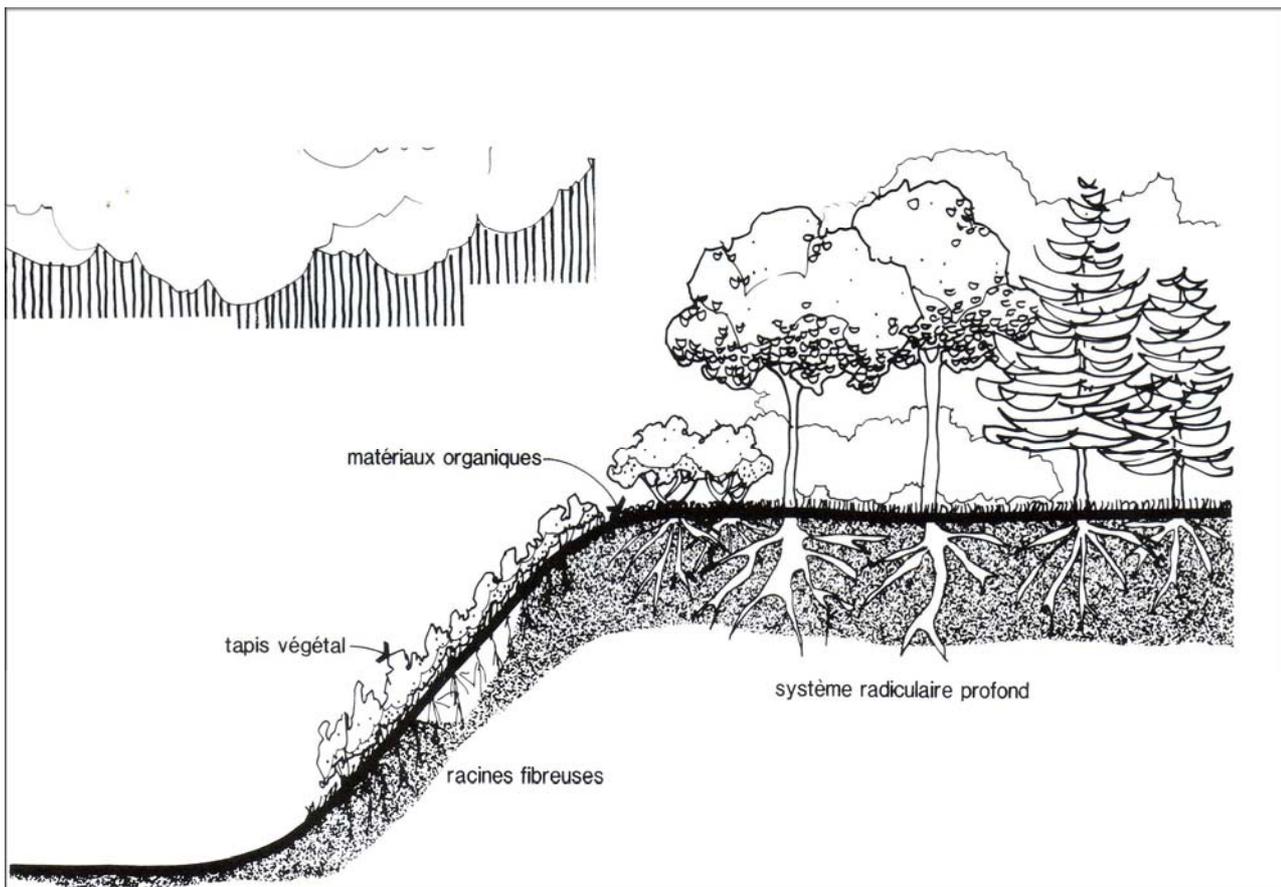
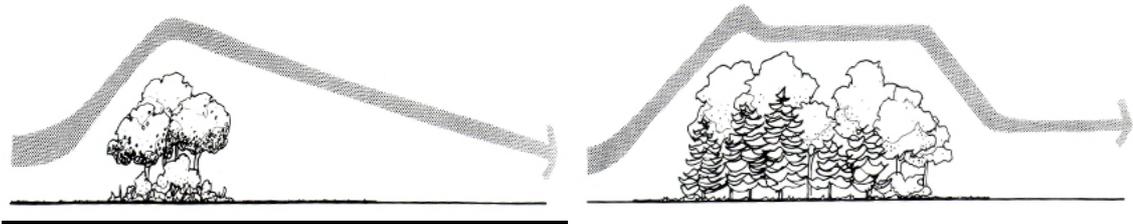


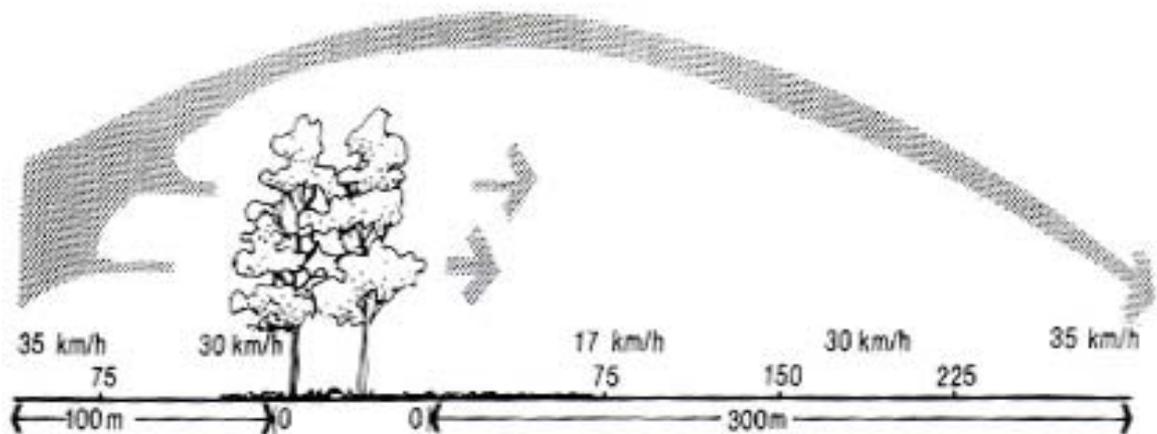
Figure n°1-7: Contrôle de l'érosion par la végétation<sup>5</sup>

**I-7-5 : Contrôle du vent**

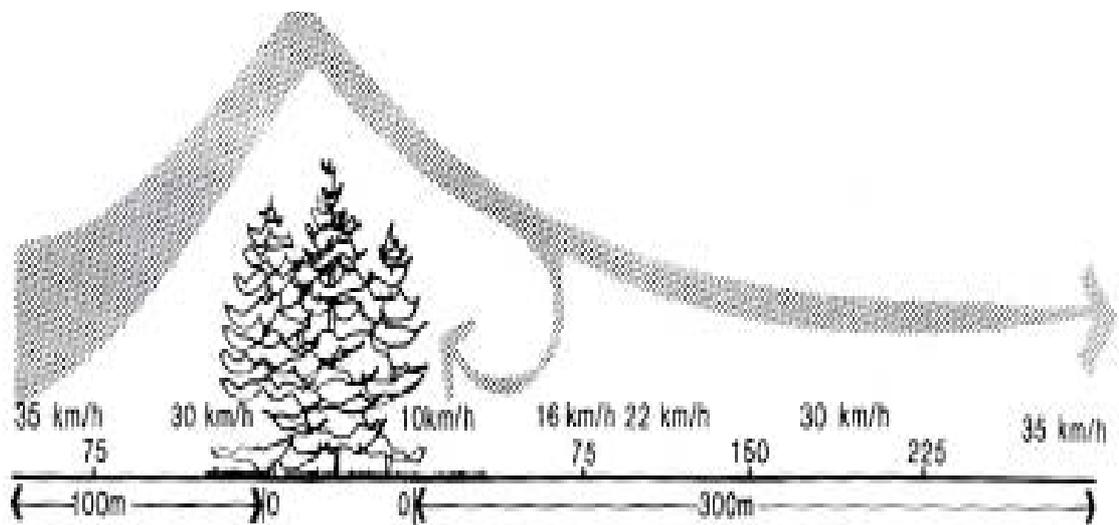


Mouvement du vent sur une barrière étroite

Mouvement du vent sur une barrière large



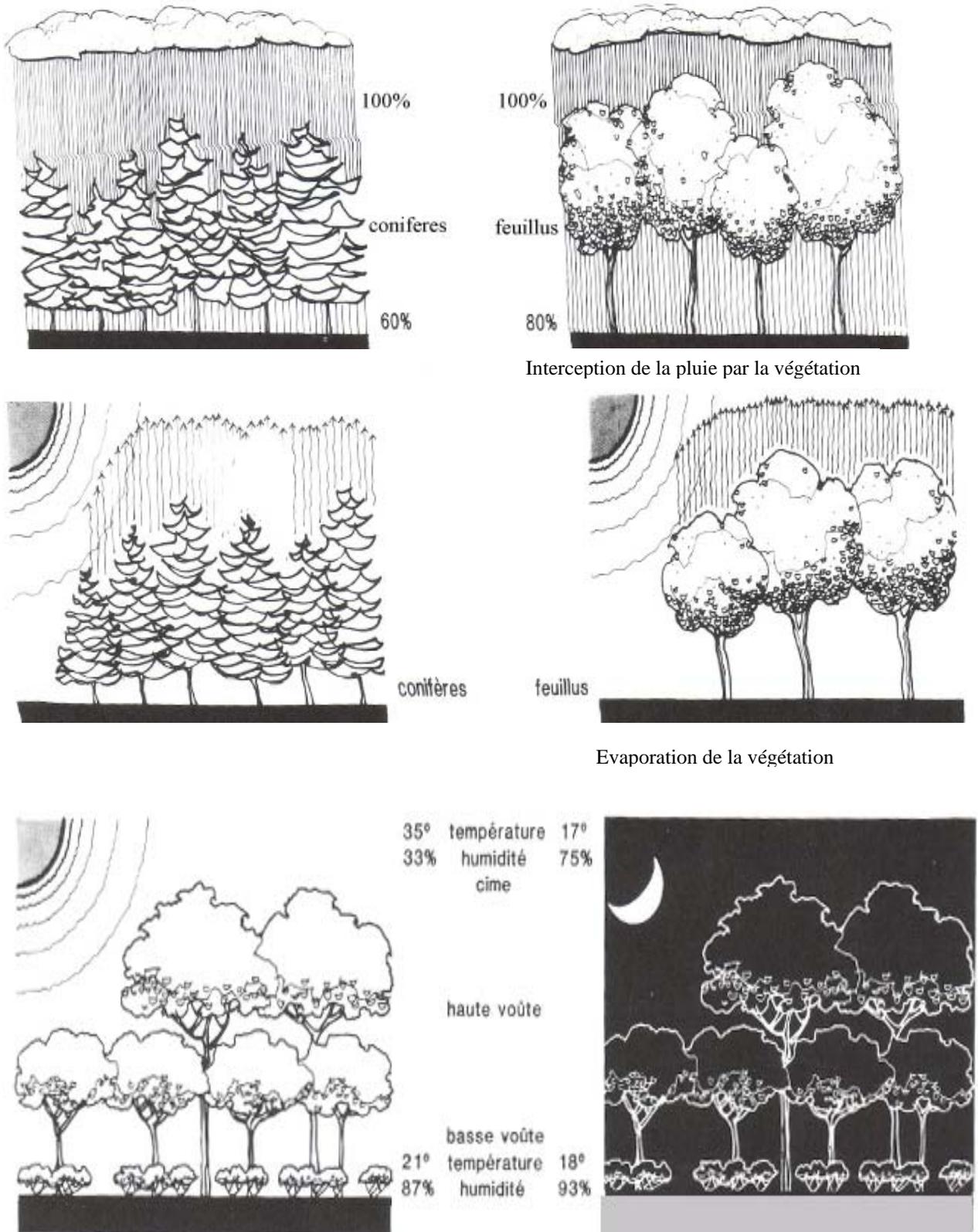
Barrière végétale lâche de 10m de hauteur, effets sur la vitesse du vent



Barrière végétale dense de 10m de hauteur, effets sur la vitesse du vent

**Figure n°1-8: Contrôle du vent par la végétation<sup>5</sup>**

**I-7-6 : Contrôle de la température et des précipitations**



Stabilisation de la température par la végétation

**Figure n°1-9: Contrôle de la température et de la précipitation par la végétation<sup>5</sup>**

**I-7-7 : L'effet de la végétation sur la santé psychologique** (réduction du stress)

Selon plusieurs auteurs, les arbres reposent la vue et l'esprit, ils apaisent les tensions et améliorent la santé psychologique des gens<sup>11</sup>. La végétation influence positivement les émotions des gens et leur perception des zones urbaines. Davantage de sentiments positifs sont rapportés en voyant des rues bordées d'arbres plutôt que des rues qui en sont dépourvues. En général, les individus perçoivent la présence d'arbres dans les zones urbaines comme participant fortement à la qualité de vie.

Les environnements naturels ne permettent pas seulement de réduire le stress, mais ils en préviennent aussi l'apparition en favorisant la récupération de la capacité d'attention. Cet effet serait particulièrement efficace lorsque les environnements naturels sont suffisamment étendus pour permettre à l'individu d'y baigner et d'y être absorbé mentalement.

**1-8 : Modifications des écosystèmes**

Dans tout écosystème se déroulent des cycles naturels qui font intervenir les êtres vivants et leur milieu. Les chaînes alimentaires, par exemple, sont l'un de ces cycles. Si dans un écosystème, un maillon d'un cycle est modifié ou supprimé, la vie des autres êtres vivants est perturbée. L'équilibre des cycles naturels est bouleversé. Par exemple, si une plante disparaît, les animaux qui se nourrissent de cette plante sont menacés.

La destruction de la végétation augmente notablement la réflectivité de la surface. Selon (Berger), de telles variations dans les quantités de rayonnement solaire absorbées par la surface ont, sans aucun doute, un effet sur le bilan thermique et le climat d'une région et, par conséquent, sur le régime des précipitations et la température moyenne de cette région, voire du globe entier.

L'écologie étudie les causes et les conséquences des bouleversements qui se produisent dans les écosystèmes. Ces bouleversements peuvent être naturels ou provoqués par les activités des hommes.

Aujourd'hui, sur la Terre, de nombreux écosystèmes sont perturbés à cause des activités humaines. De nombreuses espèces de plantes et d'animaux sont menacées de disparition. De plus, les sols traités sont pollués, ce qui a encore des effets néfastes sur de nombreux êtres vivants (dont l'homme).

Par exemple la figure n°1-10, nous montre les effets climatiques du déboisement tropical sur l'équilibre de l'eau, flux de couche de frontière, et climat. Dans des secteurs vert

---

<sup>11</sup> Westphal, L.M., 2003, *urban greening and social benefits: A study of empowerment outcomes*. SO - Journal of Arboriculture, p137-147.

couverts (cas 1) le bas albedo de la voûte de forêt fournit l'énergie suffisante pour les plantes (photosynthèse et transpiration), mener à un haut latent perte de chaleur qui refroidit la surface ,dans la surface déboisée( cas 2), un albedo plus élevé du sol nu réduit la quantité d'énergie absorbée a la surface, La perte de chaleur latente est sévèrement réduite et la surface chauffe , car il n'a aucun moyen d'enlever l'énergie excessive par la transpiration

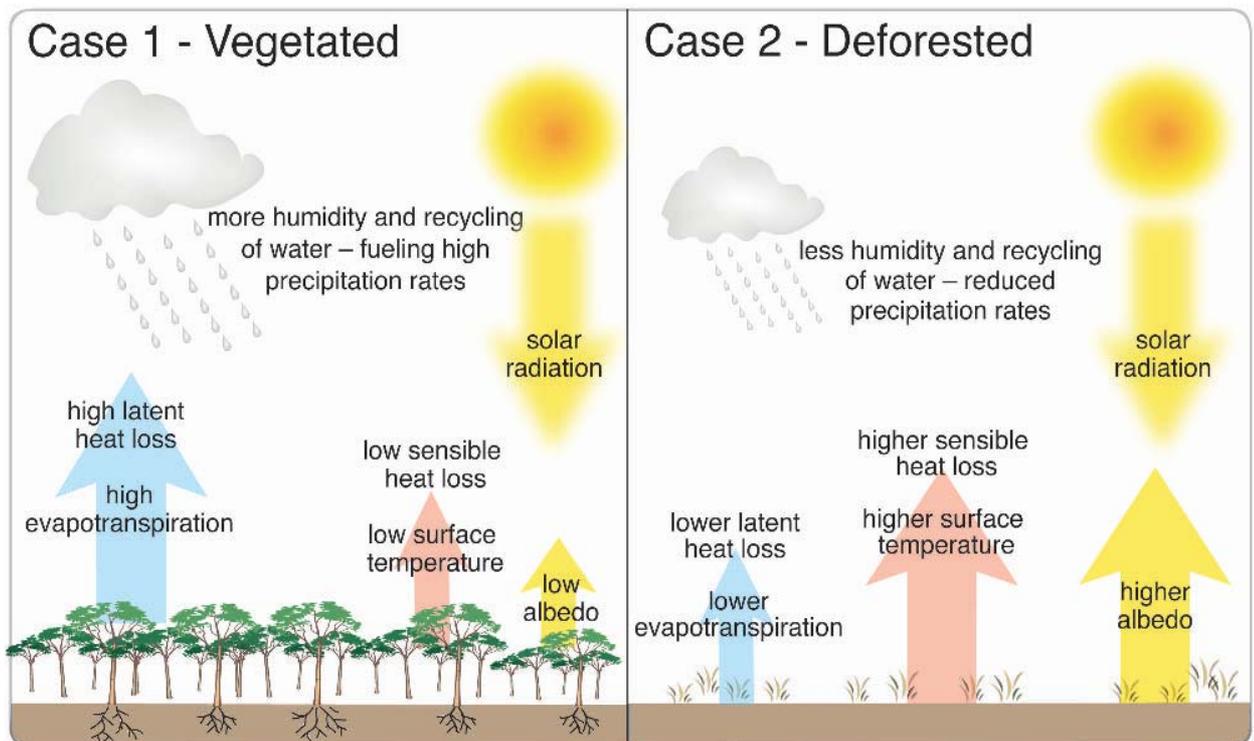


Figure n°1-10: Effets climatiques du déboisement

Source:Foley et al, 2003 <sup>12</sup>

### 1-9 : Changement climatique

Actuellement, le climat terrestre est entrain de changer. Au 20<sup>ème</sup> siècle, la température de la surface du globe a été clairement plus élevée que pendant n'importe quel siècle au cours des 1000 dernières années. Le climat du 20<sup>ème</sup> siècle a été vraiment atypique.<sup>13</sup>

Selon le GIEC<sup>14</sup> la couche atmosphérique proche de la terre s'est réchauffée en moyenne entre 0,4 et 0,8°C au cours des 100 dernières années, et des recherches récentes de l'OMM

<sup>12</sup> [www.frontiersinecology.org](http://www.frontiersinecology.org)

<sup>13</sup> [www.civil.usherbrook.ca](http://www.civil.usherbrook.ca)

<sup>14</sup> Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, en anglais Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) « a pour mission d'évaluer, sans parti-pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation

(Organisation météorologique mondiale), montrent que les dix années les plus chaudes ont été enregistrées depuis 1983 et dont huit d'entre elles depuis 1990 <sup>15</sup>.

Ce changement de climat est le résultat de nombreux facteurs assez complexes, entre autre ceux liés aux nouvelles conditions atmosphériques qui ne cessent de subir des modifications dont certaines n'ont pu être expliquées jusqu'à nos jours. Ces changements deviennent de plus en plus perceptibles tout au long des mois et des saisons et d'après les nombreux travaux de recherche, qui se sont consacrés au diagnostic de ce phénomène (afin de pouvoir estimer ses conséquences et ses influences dans leurs dimensions spatiales et temporelles), les grands changements ayant attiré l'attention des chercheurs se résument en ce qui suit :

- Précipitations perturbées : le taux de précipitations a connu un grand changement et de vastes régions des cinq continents connaissent de fortes tendances à la hausse ou à la baisse par rapport à la moyenne habituelle des précipitations. Au cours du 20<sup>ème</sup> siècle, les précipitations ont augmenté de 0,5% à 1% par décennie dans la plupart des pays de moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère Nord, ainsi que dans une grande partie de l'Australie et de l'Amérique du sud. Elles ont connu par contre une forte diminution dans les zones tropicales et subtropicales au nord de l'équateur, y compris en Afrique, en Asie de l'Est et sur le continent Américain.
- Gaz à effet de serre concentrés : les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont augmenté en raison des activités humaines et la forte utilisation des combustibles fossiles tels que : le gaz, le pétrole, le charbon...etc. il suffit de dire que la concentration de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère dépasse maintenant les 360 parties par million, contre 270 avant l'ère industrielle.
- Pollution atmosphérique accentuée : l'industrialisation intense, l'accroissement démographique et la forte densité de population en plus de l'automobile omniprésente forment une combinaison qui est à l'origine de l'élévation de taux de pollution<sup>16</sup>.
- Changement climatique inquiétant : En se basant sur le contenu de la CCNUCC, (Convention Cadre Des Nations Unies Sur Les Changements Climatiques), notamment son article n°1 où on a défini le concept « changement climatique », comme étant : *des changements de climats qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère*. Et d'après le rapport présenté à la 9<sup>ème</sup>

---

<sup>15</sup> [www.civil.usherbrook.ca](http://www.civil.usherbrook.ca)

<sup>16</sup> <http://www.civil.usherbrook.ca>

session de la commission du développement durable, il a été conclu que : *Le phénomène du changement climatique engendrant le surchauffe du globe terrestre est fortement lié à la pollution atmosphérique de plus en plus inquiétante.*<sup>17</sup> Cette pollution est entraînée essentiellement par un autre phénomène qui est l'étalement urbain, et ce au détriment de la qualité de l'air, de la vie et de la santé humaine et environnementale<sup>18</sup>.

### **I-9-1 : La densité végétale contre réchauffement climatique et la pollution**

Lorsque la (FAO)<sup>19</sup> a publié sa première évaluation des ressources forestières mondiales dans cette revue (FAO, 1948), elle a défini les forêts comme des «associations végétales à base d'arbres ou d'arbustes, susceptibles de produire du bois ou d'autres produits forestiers ou d'avoir une influence sur le climat ou le régime des eaux». Bien que l'effet de serre eût déjà été découvert et que le réchauffement de la planète eût été prédit, les auteurs de cette définition historique n'avaient sans doute pas l'intention de se référer au rôle qu'auraient pu jouer les forêts dans l'atténuation du changement climatique. Toutefois, la possibilité que le changement climatique influence un jour la foresterie est devenue évidente en 1989, quand les ministres de l'environnement de 68 pays ont proposé le boisement de 12 millions d'hectares par an dans la déclaration ministérielle de Noordwijk sur le changement climatique (IUCC, 1993). Aujourd'hui, il est reconnu que les forêts peuvent contribuer à atténuer ce changement, ont besoin de s'y adapter et pourraient aider l'humanité à faire face à ses effets.

Les forêts et les arbres hors forêt peuvent aider de multiples façons les communautés locales à s'adapter aux effets du changement climatique (Robledo et Forner, 2005). Les plantations ou les arbres régénérés naturellement protègent les bassins versants contre la sécheresse déterminée par le changement climatique, les crues soudaines ou les glissements de terrain, et elles peuvent arrêter ou limiter la désertification. Les systèmes agro-forestiers et les arbres dans le paysage produisent du bois et des aliments et fournissent un éventail de services environnementaux et sociaux, renforçant par là même la résistance aux phénomènes climatiques néfastes. Les arbres dans les milieux urbains piègent des quantités relativement limitées de carbone mais dégagent par leur transpiration de grandes quantités

---

<sup>17</sup> <http://www.civil.usherbrook.ca>

<sup>18</sup> <http://www.planbleu.com>

<sup>19</sup> L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO en anglais : Food and Agriculture Organisation of the United Nations) est une organisation spécialisée du système des Nations unies, créée en 1945 dans la ville de Québec, Son siège est à Rome depuis 1951, La FAO regroupe 190 membres (189 États plus l'Union européenne) Son objectif suprême affiché est « Aider à construire un monde libéré de la faim »

d'eau et réfléchissent mieux les rayons que les surfaces goudronnées, contribuant à rafraîchir les villes (Jo et McPherson, 2001). Les plantations de mangroves protègent les côtes contre les effets des ondes de tempête et de la hausse du niveau de la mer.

Le sort des forêts comme cause, remède et victime du changement climatique influencera en définitive les populations: 60 millions de personnes habitant dans les forêts dépendent entièrement d'elles et de leurs produits; 1,2 milliard de personnes dans les pays en développement tirent des aliments des arbres et, pour au moins 70 pour cent d'entre elles, les forêts sont leur seule source de médicaments; et plus de 2 milliards de personnes utilisent le bois comme combustible principal pour la cuisson et le chauffage (Ministère fédéral allemand de la coopération économique et du développement, 2004). La façon dont les forêts résistent au changement climatique exercera donc une forte incidence sur le bien-être humain et les progrès vers la réalisation des objectifs du Millénaire pour le développement.

La reforestation permet d'installer de nouvelles forêts qui vont activement fixer du CO<sub>2</sub> pendant leur croissance. Selon la disponibilité des terres aptes aux boisements, l'homme peut ainsi créer de nouveaux « puits de carbone » et agir concrètement pour réduire significativement le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Outre ce bénéfice, la reforestation présente aussi des avantages induits importants, en terme de reconstitution de la biodiversité, de protection des sols ou des ressources en eau et de développement local)<sup>20</sup>

### **1-10 : Le Développement durable**

La préoccupation environnementale est passée en quelques siècles du monde de l'art et de l'émotion esthétique à celui des préoccupations scientifiques et citoyennes, et des tactiques Et stratégies politiques, locales et mondiales.

La préoccupation environnementale était locale et régionale au 19<sup>ème</sup> et début du XXe siècle (parcs nationaux, réserves), Elle est devenue globale incluant le changement climatique avec l'émergence de l'idée d'un environnement mondial.

En juin 1992, une conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement, appelée sommet de la terre, réunit les représentants de 172 pays à Rio de Janeiro, au Brésil. Les principaux sujets abordés sont les changements climatiques, la biodiversité et la protection de la nature. Un calendrier de protection de l'environnement est adopté et ses conséquences politiques et économiques sont envisagées. Cette réunion, très médiatisée, a toutefois bien peu de résultats concrets concernant la conservation de la nature et les

---

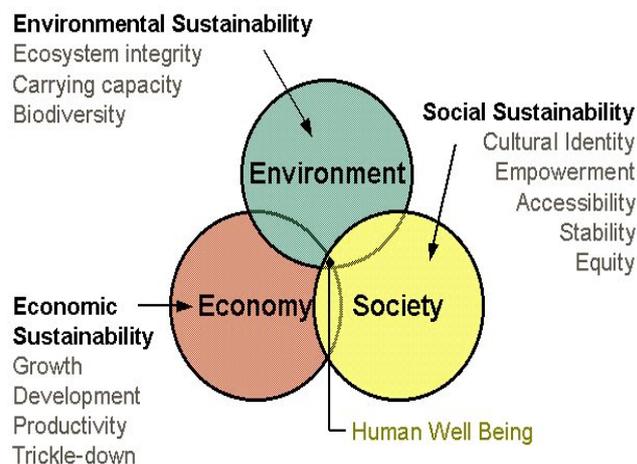
<sup>20</sup> [www.planet-terre.ens-lyon.fr](http://www.planet-terre.ens-lyon.fr)

multiples problèmes liés à la dégradation de l'environnement. La volonté de ne pas aborder des problèmes tels que ceux qui sont liés à la croissance démographique est l'une des raisons de ce semi-échec.

La solution réside peut-être dans un ensemble de concepts et de propositions qui constituent le développement durable, « développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (définition de l'ONU en 1987). Il s'agit de trouver les moyens d'éviter une croissance destructrice de l'environnement (croissance démographique, industrielle, urbaine) et, par contre-coup, menaçant l'avenir de l'homme sur une planète dont on perçoit enfin qu'elle a des possibilités limitées et que ses ressources ne peuvent être exploitées et dilapidées indéfiniment.

La définition donnée par le rapport BRUNTLAND : « Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs »<sup>21</sup>, dans cette définition, apparaît la nécessité d'une double solidarité :

- une solidarité dans le temps, où il convient de préserver les intérêts futurs,
- une solidarité dans l'espace présent, où il convient de lutter immédiatement contre la pauvreté. Le "développement" est déjà au cœur de cette problématique. En lui adjoignant la notion de "Durable", une nouvelle dimension apparaît : celle de l'environnement, de la préservation des ressources de la planète et de la vie à long terme.



**Figure n°1-11:** les grands axes du développement durable <sup>22</sup>

<sup>21</sup> « Notre avenir à tous », rapport de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (commission Bruntland), les éditions du Fleuve, 1989, traduction française de « Our common future », 1987

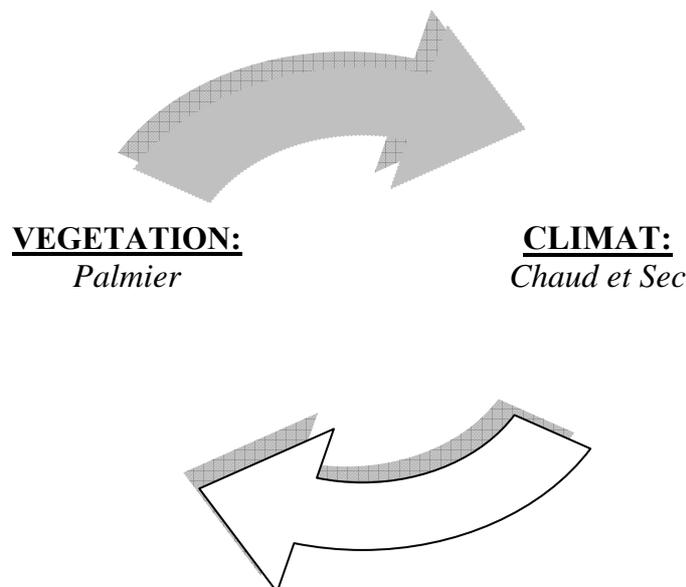
<sup>22</sup> [www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.com](http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.com) By .Sam C M Hui. 2002

**1-11 : Conclusion :**

L'environnement occupe maintenant une place importante parmi d'autres sciences fondamentales, appliquées et humanitaires. On peut dire que parmi les choses qui ont poussé l'homme à se pencher sérieusement sur les sciences environnementales c'est les différentes interactions entre les activités de développement et l'environnement. Ces interactions débordent les limites locales à la frontière régionale et mondiale et que la résolution de ces problèmes réside dans le regroupement de tous les pays du monde. Un congrès des états unis pour l'environnement humanitaire s'est tenu à Stockholm en 1972 a donné à l'environnement une signification plus large que des éléments naturels (eau, air, sol, minéraux, source d'énergie, végétation, animaux) il est devenu ressources matérielles et sociales fournies à un certain moment et lieu afin de satisfaire les besoins et les espérances de l'être humain.

La notion d'une conscience écologique est peut-être la seule issue de cette crise environnementale que nous vivons et quelle affecte la survie de l'espèce humaine et touche déjà gravement la biodiversité de la terre.

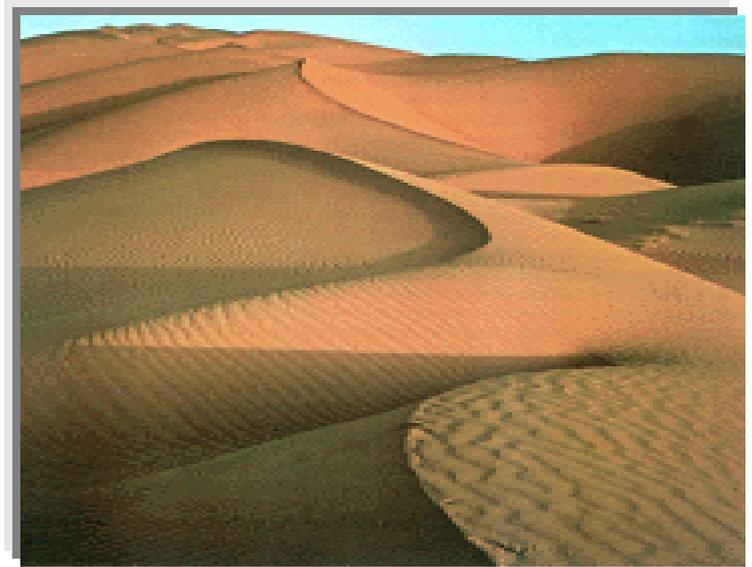
A travers ce chapitre, il en résulte une forte correspondance entre le climat et le type de végétation, se traduisant par une croissance équilibrée de celle-ci sans oublier l'influence du type de sol. Cette relation nous servira de base pour étudier en détail l'écosystème oasien dans le chapitre suivant.



## CHAPITRE II

### Désert & Oasis



**PARTIE I : le Désert****Figure n° 2-1:** Les dunes du désert

Source :Encarta 2006

**II-1 : Introduction**

L'oasis ne sera jamais étrangère au désert, elle naît de celui-ci en effet, la prédominance du sable confère au paysage un caractère dépouillé, comme une plate étendue de sable qui offre le silence peu de possibilité de survie, une surface aride et difficile à l'homme.

L'oasis, qu'on peut définir comme étant son contraire ou bien son plus fort contraste, surgit comme une promesse de vie au milieu de cette surface austère et uniforme. Ces oasis que certains décrivent comme de véritables créations de Dieu sont en fait issues du savoir-faire de l'homme usant de débrouillardise pour construire de ses propres mains un environnement propice à sa survie. Enfin, l'homme s'aperçu qu'en creusant le sable, l'eau jaillissait en abondance. Le paysage alors se métamorphosa afin de créer de véritables îlots de verdure. « Ce qui embellit le désert, dit le petit prince, c'est qu'il cache un puits quelque part... » (St-Exupéry, 1999, p82) .Disons alors que l'homme réagissant au monde hostile qui l'entourait, dans cette région que l'on croyait inhabitable, un monde nouveau réussit à vivre. De surcroît, il dressa l'oasis face aux immenses étendues arides, ordre contre chaos, fraîcheur et limpidité contre chaleur et poussière.

## II -I-1 : Définitions

1)-Point de vue du dictionnaire Larousse:

"Région très peu habitée dont les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration"

2)- Point de vue de l'UNESCO:

"Dans la littérature scientifique, les déserts sont une zone sèche  $P < 250\text{mm}$  (fig 2-2) subdivisés en trois catégories: les zones hyper-arides, les zones arides et les zones semi-arides<sup>1</sup>", pour l'établissement de la carte des sols du monde, la FAO et l'UNESCO ont proposé l'indice d'aridité bioclimatique (Tableau 2- 1):  $I = P/ETP$  (en mm par unité de temps), où :

$P$  = précipitations annuelles et  $ETP$  = évapotranspiration potentielle c'est à dire quantité d'eau prélevée sur une nappe d'eau libre par l'évaporation + transpiration du couvert végétal non limitée par la disponibilité en eau du sol.

**Tableau n° 2-1:**Indice d'aridité bioclimatique des écosystèmes secs

Source :UNESCO

Ecosystem	indice d'aridité bioclimatique
hyper-aride	$P/ETP < 0,03$
Aride ou désertique	$0,03 < P/ETP < 0,2$
Semi aride ou sahélien	$0,2 < P/ETP < 0,5$
Sub humide sec ou sahélo-soudanien	$0,5 < P/ETP < 0,7$

3)-Point de vue de « the Encyclopedic dictionary of physical geography (1997, A. Goudie Ed.):

"Une zone dans laquelle la couverture végétale est éparse ou absente, et où la surface du sol est exposée à l'atmosphère et aux forces physiques qui y sont associées"

4)-Pour Thornwaite (1948): "les déserts sont définis par un indice d'aridité ":

$I.A. = 100. (s-0,6d)/e$  avec :

$s$  : somme des excès mensuels de précipitation au dessus de l'évaporation potentielle

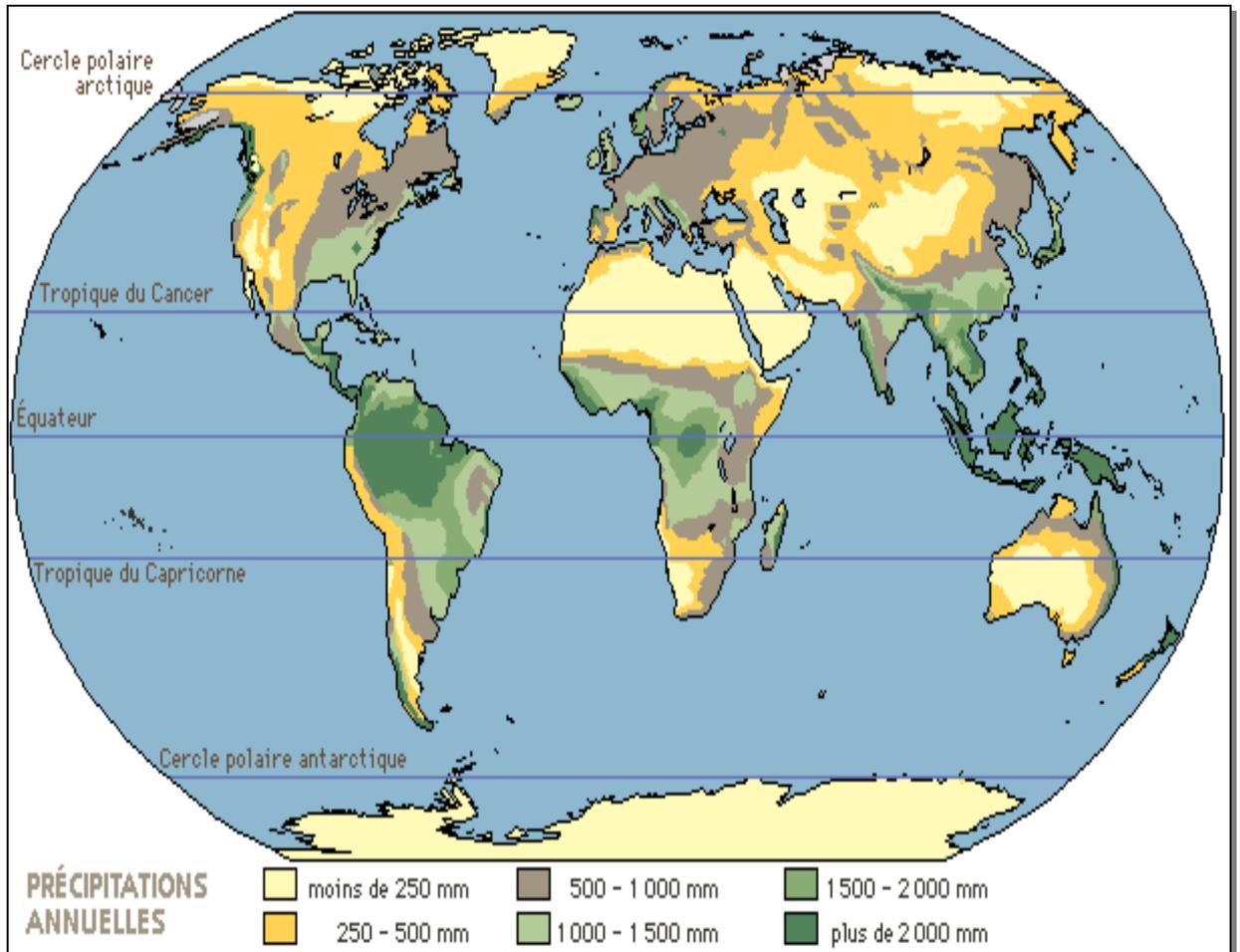
<sup>1</sup> L'expression zone aride est souvent utilisée pour parler des zones sèches, dont il faut préciser que la zone aride n'est qu'un degré, les autres zones étant l'hyperaride, la semi-aride et la sub-humide sèche, selon la localisation étalée des aires sèches en longitude et en latitude, A l'exclusion des aires sèches froides polaires, glaciaires et périglaciaires, la première tentative de localisation globale des aires sèches revient à Emmanuel de Martonne et Aufrère (1928) .

**d** : somme des déficits mensuels

**e** : évaporation potentielle annuelle basée sur les valeurs moyennes de température

Si  $-40 < I.A. < -20 \Rightarrow$  semi-aridité

Si  $I.A. < -40 \Rightarrow$  aridité

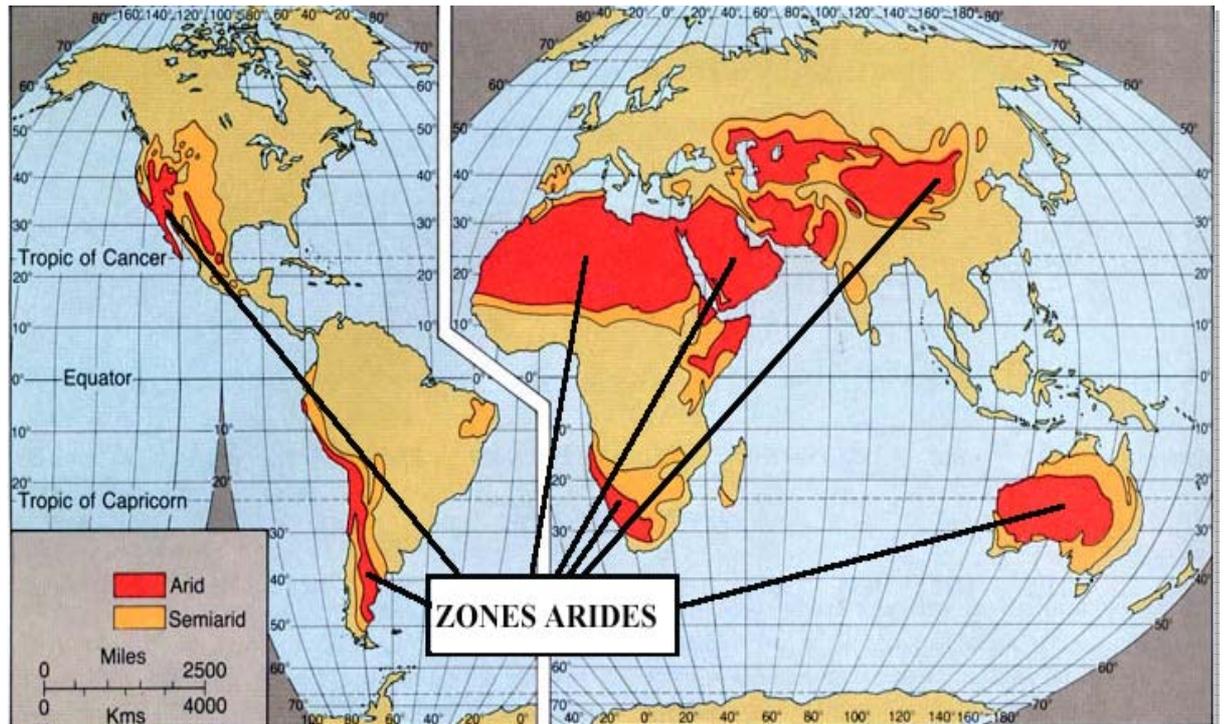


**Figure n°2-2 : Précipitations annuelles dans le monde**

Source : Encarta, 2005

### II -I-2 : Localisation des zones arides

Les milieux arides (fig 2-3) sont des zones où règne un climat désertique ou semi désertique. On les rencontre dans les régions subtropicales d'Afrique, d'Asie centrale et occidentale, d'Amérique du nord-ouest et du sud ainsi qu'en Australie centrale et occidentale. Elles sont situées généralement entre les latitudes 15' et 35' au nord et sud de l'équateur (Fitch et Branch, 1960 ; Givoni, 1980 ; Konya, 1980 ; Baker, 1987).



**Figure n°2-3 : les zones arides dans le monde**

Source : Grand Larousse universel, 1992.p.2311

### II -I-2-1 : Les degrés de l'aridité

L'aridité n'est pas identique dans tous les déserts puisqu'elle résulte de la situation géographique ; elle dépend de la combinaison entre les précipitations totales, leur répartition saisonnière et les températures. À la typologie précédente se superpose un autre classement en fonction de leur degré d'aridité.

a)- *déserts hyperarides ou absolus sont les plus rares* : ils couvrent moins de 6 millions de km<sup>2</sup>. Ils se trouvent au cœur des plus vastes espaces continentaux (Tanezrouft, dans le Sahara ; Arabie, où plus d'un an peut s'écouler sans qu'il pleuve), dans les bassins ou cuvettes des déserts d'abri (vallée de la Mort, Iran, Turkestan), mais aussi paradoxalement dans les déserts littoraux. Ils reçoivent moins de 50 mm de précipitations par an.

b)- *déserts arides reçoivent de 50 à 150 mm de précipitations* : Ils couvrent jusqu'à 22 millions de km<sup>2</sup>, essentiellement en Afrique (Sahara) et en Asie (déserts de Thar, au Pakistan, du Lut, en Iran), où ils ceinturent les déserts absolus.

c)- *déserts semi-arides (précipitations de 150 à 250 mm, voire jusqu'à 500 mm)* : couvrent également près de 22 millions de km<sup>2</sup>. Bien représentés aux marges des zones arides, ils occupent de grandes surfaces en Australie et en Amérique du Nord.

Les degrés de l'aridité influencent fortement la végétation. Celle-ci est très diverse. Quasi inexistante dans les grands ergs sahariens, elle est présente sous de multiples facettes dans la steppe semi-aride, faite d'hamadas parsemées de graminées, de tapis d'éphémères, ou de plantes qui vivent sur des sols salés dans les chotts. Les conditions bioclimatiques retentissent sur le modelé et les formes du relief.

### **II -I-3 : Climat du désert**

Un désert est un milieu terrestre soumis à la sécheresse, en raison d'une importante évaporation et/ou de précipitations faibles et souvent irrégulières.

Les déserts couvrent 50 millions de km<sup>2</sup>, soit le tiers environ de la surface des continents. Présents sous toutes les latitudes, ils possèdent quelques caractères communs. à la rareté des précipitations s'ajoute la grande irrégularité de celles-ci dans l'année et d'une année sur l'autre. Il s'écoule plusieurs mois, parfois plusieurs années entre deux pluies. Les averses peuvent y survenir d'une manière brutale, l'eau ruisselle alors pendant quelques minutes ou quelques heures, entraînant la crue soudaine des oueds. En raison de la transparence de l'air, conséquence de la faible hygrométrie (15 à 50 p. 100 en moyenne), les déserts reçoivent une forte quantité de chaleur pendant le jour mais la perdent pendant la nuit. L'amplitude thermique diurne dépasse souvent 35 ou 40 °C et l'amplitude annuelle peut atteindre 60 °C. Les différences saisonnières de température permettent de distinguer les déserts chauds, dont les étés sont très chauds et les hivers tièdes, des déserts froids, qui connaissent des étés chauds (voire torrides) mais des hivers froids, souvent rigoureux, sans compter les déserts polaires, où les températures sont très basses durant la quasi-totalité de l'année. Les contraintes climatiques (l'aridité, les contrastes thermiques, le vent qui accroît la sécheresse) rendent ces milieux difficiles pour l'éclosion et le développement des êtres vivants. Malgré l'adaptation de quelques plantes, la couverture végétale est très discontinue, ponctuelle le plus souvent, quand elle n'est pas totalement absente. Aussi, sur de vastes étendues, la roche apparaît-elle à nu, quelle que soit sa nature.

### **II -I-4 : Végétation du désert**

Toutes les régions désertiques, à l'exception des plus arides, ont une flore qui est bien adaptée à la rareté de l'eau et à la chaleur du jour.

Les plantes du désert se développent en conservant et en utilisant efficacement l'eau disponible. Certaines plantes à fleurs sont éphémères ; elles vivent quelques jours au plus. Leurs graines sommeillent dans le sol, parfois pendant des années, jusqu'à ce qu'une pluie pénétrante leur permette de germer et de fleurir rapidement. Les plantes ligneuses ont soit de

très longues racines pour atteindre des profondeurs plus humides, soit des racines superficielles traçantes pour pomper rapidement l'humidité de surface, venant des fortes rosées et des pluies occasionnelles. Les plantes du désert ont habituellement de petites feuilles, ce qui réduit la surface par laquelle se fait la transpiration. D'autres plantes perdent leurs feuilles durant la période la plus sèche. Le processus de photosynthèse (par lequel la lumière du soleil est transformée en énergie, processus qui s'opère, d'ordinaire, essentiellement dans les feuilles) se réalise, ici, par les tiges. Bon nombre de plantes sont succulentes, emmagasinant de l'eau dans les feuilles, les tiges et les racines. Les épines, qui sont des feuilles modifiées, servent à protéger les plantes des animaux qui pourraient venir y puiser de l'eau. Ces plantes prélèvent et emmagasinent du dioxyde de carbone la nuit ; pendant la journée, leurs stomates ou pores se ferment pour éviter l'évaporation ; aussi leur croissance est-elle lente. Les plantes poussant sur des sols salins peuvent concentrer du sel dans leur sève, le sécrétant alors par les feuilles. Pour pouvoir survivre, les plantes se sont adaptées au climat désertique.

Ce sont les plantes xérophytes (voir figure 2-4). Pour limiter les pertes d'eau par évapotranspiration, les feuilles sont souvent réduites sous forme d'épines et d'écailles. De plus, les scientifiques pensent que les épines peuvent servir à réfléchir les rayons incidents et peut être à dissiper la chaleur. Cependant, de telles adaptations réduisent également l'absorption de dioxyde de carbone et donc limitent la photosynthèse.

En conséquence, la plupart des plantes xérophytes croissent lentement, mais elles utilisent l'eau plus efficacement que les autres plantes.



**Figure n° 2-4:**Plante xérophyte adaptée au manque d'eau

Source :Encarta 2006

**II -I-5 : Le désert berceau de civilisations**

Vivre dans le désert a contraint les hommes à rechercher les points d'eau pour leur survie et celle de leurs troupeaux. Cette quête de l'eau fut à l'origine du nomadisme. Au gré des pluies, les familles se déplaçaient de pâturages en pâturages pour nourrir chameaux...etc. Des déplacements à l'origine pastoraux furent remplacés par des transports commerciaux sous forme de caravanes qui traversaient le désert pour échanger les produits complémentaires, La route de la soie en Asie centrale fut parcourue par des caravanes qui ramenaient d'Extrême-Orient les étoffes et le thé. Les haltes nécessaires au repos et les lieux d'échanges sont à l'origine de villes édifiées dans des oasis : Tamanrasset, Samarkand, Tachkent. Des familles, qui migrent vers les villes ou les sites d'extraction minière et pétrolière (comme en Arabie et en Libye).

Dans les déserts peuvent se développer de très grandes villes : Le Caire, Téhéran, Jérusalem, Damas, La Mecque, Koweït (Ville) mais aussi Phœnix, Las Vegas. Au total, de 10 à 15 % de la population mondiale vit dans les déserts.

Les déserts voient leur superficie s'accroître d'année en année. Le phénomène de désertification constitue un grave problème pour les populations qui habitent à proximité des déserts.

**II-I-6 : les sécheresses autre handicaps au développement**

A un fond d'aridité permanente se superposent des crises de sécheresse qui accentuent le déficit hydrique. La sécheresse résulte d'un déficit temporaire de précipitations. La production alimentaire des écosystèmes sahéliens et soudaniens d'Afrique est sévèrement affectée par les sécheresses. La variabilité temporelle des précipitations, principal handicap au développement, se complique dans l'espace d'une répartition des pluies en taches, non exprimée sur les cartes en isohyètes (courbes d'égale pluviométrie).

Les sécheresses ne sont pas expliquées. Nous ne savons pas pourquoi elles se produisent actuellement ni pourquoi elles ont existé dans le passé. Cependant la théorie des systèmes non linéaires, "le chaos déterministe", commence à faire comprendre ces phénomènes "exceptionnels", découlant de phénomènes météorologiques "globaux" comme El Nino, dont les fluctuations, liées probablement à l'activité solaire, ont un impact planétaire. Le déficit pluviométrique est la cause première de toutes les sécheresses mais selon leur nature, météorologique, hydrologique, agricole, édaphique et socio-économique, les sécheresses ne se limitent pas aux précipitations déficitaires.

## **II -I-7 : Stratégie du confort thermique dans les régions désertiques**

### **a)-Réduire l'impact du soleil**

Toutes les activités humaines ont lieu dans les espaces extérieurs. La durée et l'intensité de l'utilisation d'un espace extérieur peuvent être considérablement affectée par les conditions climatiques. Dans les régions chaudes pendant l'été, l'exposition au soleil cause souvent le malaise, d'où les espaces extérieurs sont moins fréquentés par les gens. Dans tels endroits, la possibilité d'améliorer les conditions de confort par le biais des surfaces ombrées afin de protéger les usagers.

### **b)-Réduire l'impact du vent**

Dans des zones chaudes et arides, les planificateurs ne doivent pas essayer de perfectionner l'environnement, plutôt, ils devraient le transformer afin de le rendre plus agréable et clément. Le problème de la création d'un microclimat favorable dépend en grande partie des mesures prises pour isoler la ville de l'influence destructive du désert par la plantation et l'irrigation des arbres et des arbustes situées à la périphérie de la ville.

" Un exemple intéressant de la transformation artificielle de la nature pour créer un environnement plus favorable et plus salubre est la transformation du désert autour d'Askhabad. Les planificateurs ont amélioré l'environnement autour de la ville d'Askhabad par le creusement du canal de Kara-Kum. Creuser le canal a permis de développer l'agriculture irriguée et de planter la végétation dans le territoire. Avec cette plantation, la pulvéulence d'air a diminué, et son humidité a augmenté. Dans la région chaude et aride, le vent (quand la température de l'air est élevée) est une source de chaleur supplémentaire. Ces vents soufflant autour des bâtiments et transmettent la chaleur aux murs et aux espaces intérieurs. Un sol pulvérulent est soufflé aisément par le vent. Ce sable mobile couvre souvent les oasis, les terres productives, les établissements humains etc. La poussière de sable agit pernicieusement sur la végétation, enveloppant son feuillage avec une couche de la poussière qui réduit considérablement les propriétés salubres de la végétation. L'introduction de l'eau à Ashkhabad a réduit ce problème."<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Rimsha, A. ,1976, *Town Planning in Hot Climates*, Mir Publishers, Moscow, USSR.

**PARTIE II : Oasis**

«L'oasis célèbre au cœur de l'aridité l'éphémère victoire du végétal  
Le froissement des palmes, les discrets chuintements d'eau, le  
mouvement des ombres invitent à s'arrêter, à s'asseoir. »Hervé<sup>1</sup>



**Figure n°2-5 : L'oasis**

Source : <http://www.maion.com>

**II -II-1 : Définitions**

Le dictionnaire nous donne comme définition de l'oasis « Petite région fertile grâce à la présence d'eau dans un désert. » (Le Petit Larousse, 1993, p.708)

-L'oasis C'est un mot grec qui dérive de l'égyptien et qui correspond, dans le désert, à une petite région où la présence de l'eau permet la culture. On compare le désert à une mer dans laquelle l'oasis serait une île; ainsi l'oasis serait un îlot de verdure dans un désert.

-L'oasis, lieu caractéristique des régions arides ou semi-arides, où la vie végétale et animale peut se développer grâce à l'action de l'homme, qui peut ainsi vivre sédentairement dans un milieu climatique hostile.

"L'oasis est un milieu bioclimatique artificiel développé à partir d'un site naturel préexistant qui rompt avec l'aridité environnante en transformant l'ambiance climatique au niveau du sol et dans la basse atmosphère"<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Mainguet M., 2003, *les pays secs* (environnement et développement), Edition Ellipses, p160.

Les oasis et les systèmes agricoles oasiens ont été définis et caractérisés suivant différentes approches :

- a** -sur le plan géographique : l'oasis est définie comme un îlot de survie (ou de prospérité) dans un milieu aride,
- b** -sur le plan bioclimatique : l'oasis est un micro-climat créé par l'homme en milieu aride et induit par l'étagement des cultures,
- c** -sur le plan agronomique : il s'agit d'un agro-système intensifié établi, dans un espace isolé situé en milieu désertique,
- d** -sur le plan socio-économique : il s'agit d'un lieu de sédentarisation et d'intenses activités économiques et socioculturelles dans un environnement désertique.

### **II -II-2 : Les Composantes principales des oasis**

Les oasis abritent des écosystèmes hautement artificialisés qui sont en fait des agro systèmes, dont les différentes composantes (climat, eau, sol, végétation, animaux, hommes) sont fortement interdépendantes

#### **a)-la Végétation :**

Le palmier dattier, étant la plante de base, c'est autour de la phoenici-culture que sont organisés les systèmes agricoles oasiens (fig 2-6).

Les palmiers dattiers constituent l'essentiel du paysage dont la végétation très dense et stratifiée se compose de jardins vergers. Les arbres fruitiers diversifiés: grenadiers, figuiers, oliviers, amandiers, vigne grimpante sont d'autant plus rares que les palmiers qui les dominent sont plus nombreux. Les cultures annuelles : fèves, oignons, ail, carottes et navets et parfois quelques aires de blé et d'orge font place en été aux tomates et aux piments. La culture d'oasis est intensive ; c'est un jardinage dont les travaux se font manuellement, et exigent beaucoup d'eau, surtout en été (20 à 30.000 m<sup>3</sup>/ hectare et par an).

#### **b)-L'eau :**

Si l'eau est à l'origine de la vie, il devient évident que sa raréfaction engendre de graves difficultés pour toutes les formes de vie.

L'eau est le facteur essentiel qui est à l'origine même du concept de l'oasis. les palmeraies traditionnelles ont été établies à partir de ressources en eau facilement mobilisables (sources, puits de surface, foggaras ...). Les systèmes d'appropriation et de partage des eaux sont régis par des règlements et des codes coutumiers liés à l'organisation et au fonctionnement de la société.

Il est courant d'associer le palmier dattier au concept de désert, cependant si cet arbre est

Intégré au paysage dans la plupart des régions arides et semi-arides chaudes du globe, on constate qu'il est toujours localisé aux endroits où les ressources hydrauliques pérennes du sol peuvent subvenir à ses besoins hydriques et pallier ainsi les précipitations insuffisantes ou pratiquement nulles des lieux considérés.

Le palmier dattier, comme tous les Phoenix, est originaire de régions tropicales chaudes et humides, mais qui, en raison de sa grande adaptabilité, peut végéter en atmosphère sèche, pourvu qu'il puisse satisfaire ses besoins en eau au niveau de ses racines, ce que traduit le populaire adage arabe: «Le dattier vit les pieds dans l'eau et la tête au feu du Ciel. »,

"Au Sahara algérien, les eaux d'irrigation des régions de Biskra et Touggourt titrent de 2 à 5 g de sel par litre et les eaux de certaines sources et des puits artésiens en général ont une température relativement élevée :

(Chetma (source): 34,5°C; Biskra (puits): 21,5 à 27,5°C; Touggourt (puits): 24,5 à 27°C)<sup>4</sup>



**Figure n°2-6:** Culture en étage

Source : [www.anthropoasis.free.fr](http://www.anthropoasis.free.fr)

<sup>4</sup> Munier.P, 1973, Le Palmier Dattier, G-P.Maisonneuve&Larose ,Paris .

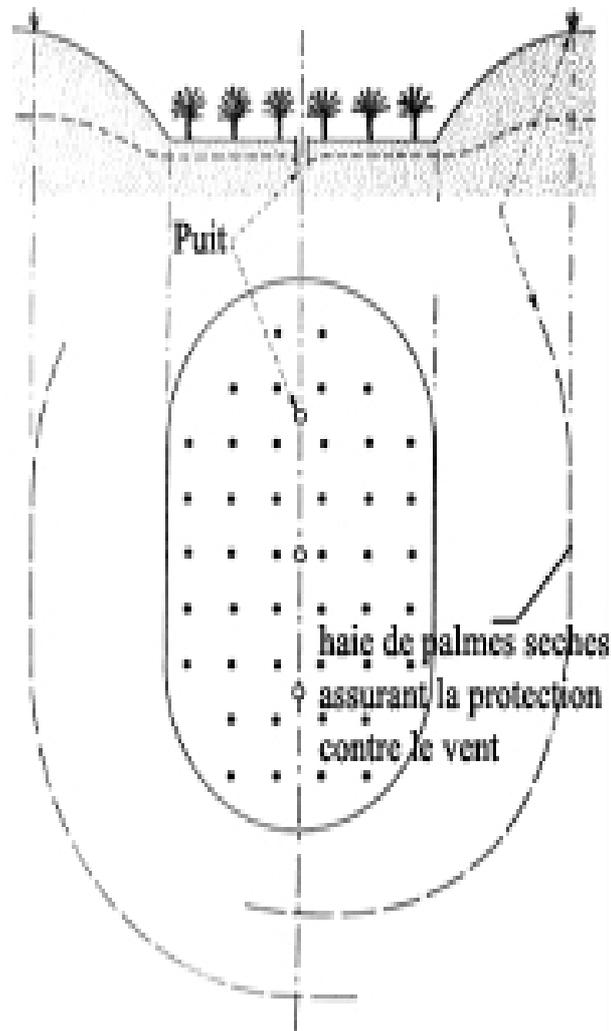
**c)-Le Sol :**

Le dattier est cultivé sur des sols ingrats, mais aussi sur de bonnes terres ou considérées comme telles, depuis des sables presque purs, jusqu'à des sols à fortes teneurs en argile. Les palmeraies étant sous la stricte dépendance des ressources hydrauliques locales, le choix du sol est surtout effectué en fonction des possibilités d'utilisation de celles-ci. La qualité physique essentielle des sols des palmeraies est la perméabilité, qualité d'autant plus importante lorsque celles-ci sont irriguées avec des eaux saumâtres. En Algérie, dans le sud constantinois, où le dattier fait l'objet d'une culture industrielle, les palmeraies sont établies sur des alluvions fluviales dans la région de Biskra et, pour la plupart de celles de Oued Rhir, sur des alluvions lacustres plus ou moins recouvertes de sable éolien, enfin celles du Souf ont été aménagées dans le sable éolien au creux (les dunes à Biskra, dans le Zab Dahraoui (région de Tolga), le sol présente, dans certains secteurs, une croûte de roche tendre gypso calcaire appelée « debdeb », qui recouvre des sables recélant une nappe phréatique à 2 ou 3 m de profondeur, les plantations sont effectuées après le percement de cette croûte, dans le sable humide. Les alluvions fluviales sont assez riches en éléments fins (limon et argile): Oued Biskra, Oued Djedi... Le sol des palmeraies de l'Oued Rhir est constitué de sables. Le comportement du dattier diffère selon le type de sol dans lequel il est planté et manifeste nettement sa préférence pour les sols légers. En sol léger, le dattier croît plus rapidement qu'en sol lourd et atteint un développement maximal (diamètre du tronc, nombre de palmes). Il entre en production plus précocement qu'en sol lourd (2 à 3 ans plus tôt). Sa récolte est plus précoce, de meilleure qualité, plus homogène et plus abondante.

**II -II-3 : Drainage des palmeraies**

Les palmeraies irriguées avec des eaux présentant une salinité élevée doivent être nécessairement drainées, afin que l'accumulation du sel dans le sol ne rende celui-ci, à la longue, stérile. En effet, l'eau au cours d'irrigation se concentre par l'évaporation solaire et le vent ; le dattier, en raison de son pouvoir osmotique élevé, n'absorbe que l'eau pure; par remontée capillaire, elle s'évapore en déposant en surface une couche saline, dans les régions où l'eau d'irrigation est salée : Ziban, Oued Rhir, Ouargla (sud algérien) le drainage est pratiqué parallèlement à l'irrigation. Les drains sont en général de simples fossés à ciel ouvert, malgré les inconvénients que comportent de tels dispositifs : ensablement, éboulement, curages fréquents... Le réseau de drainage comporte des drains au niveau des plantations qui doivent permettre de drainer une épaisseur de 1,20 m à 1,50 m et des drains collecteurs, il importe de soigner l'établissement d'un réseau de drainage si l'on veut qu'il soit

efficace, par la suite, son entretien dit le maintenir en bon état de fonctionnement, la densité des drains dépend surtout de la nature du sol.



**Figure n°2-7 :** Coupe et plan schématique d'une palmeraie dans le souf (Algérie)

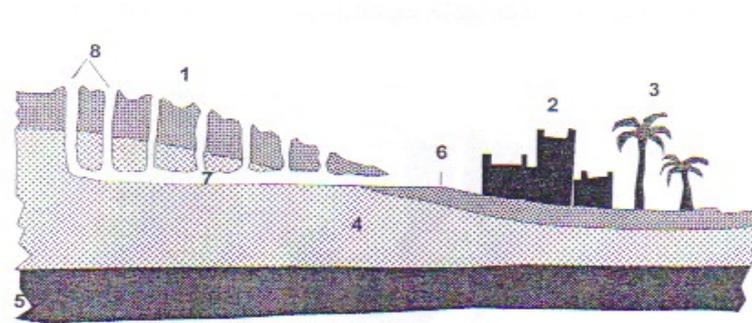
Source : P. MUNIER<sup>5</sup>

### **La foggara :**

Système hydraulique traditionnel composé d'une galerie à faible pente drainant l'eau de la nappe souterraine par gravité à la surface du sol pour l'alimentation du ksar et l'irrigation de la palmeraie (fig2-8)

<sup>5</sup> Munier.P , 1973, Le Palmier Dattier, G-P. Maisonneuve & Larose , Paris .

- 1 Foggara
- 2 Ksar
- 3 Palmeraie
- 4 Nappe
- 5 Substratum
- 6 Kasria
- 7 Galerie
- 8 Puits d'aération



**Figure n°2-8 :** Schéma synoptique d'une foggara<sup>6</sup>



**Figure n°2-9 :** Eaux de ruissellement (seguia)

Source : l'Auteur (oasis de chetma, 2007)

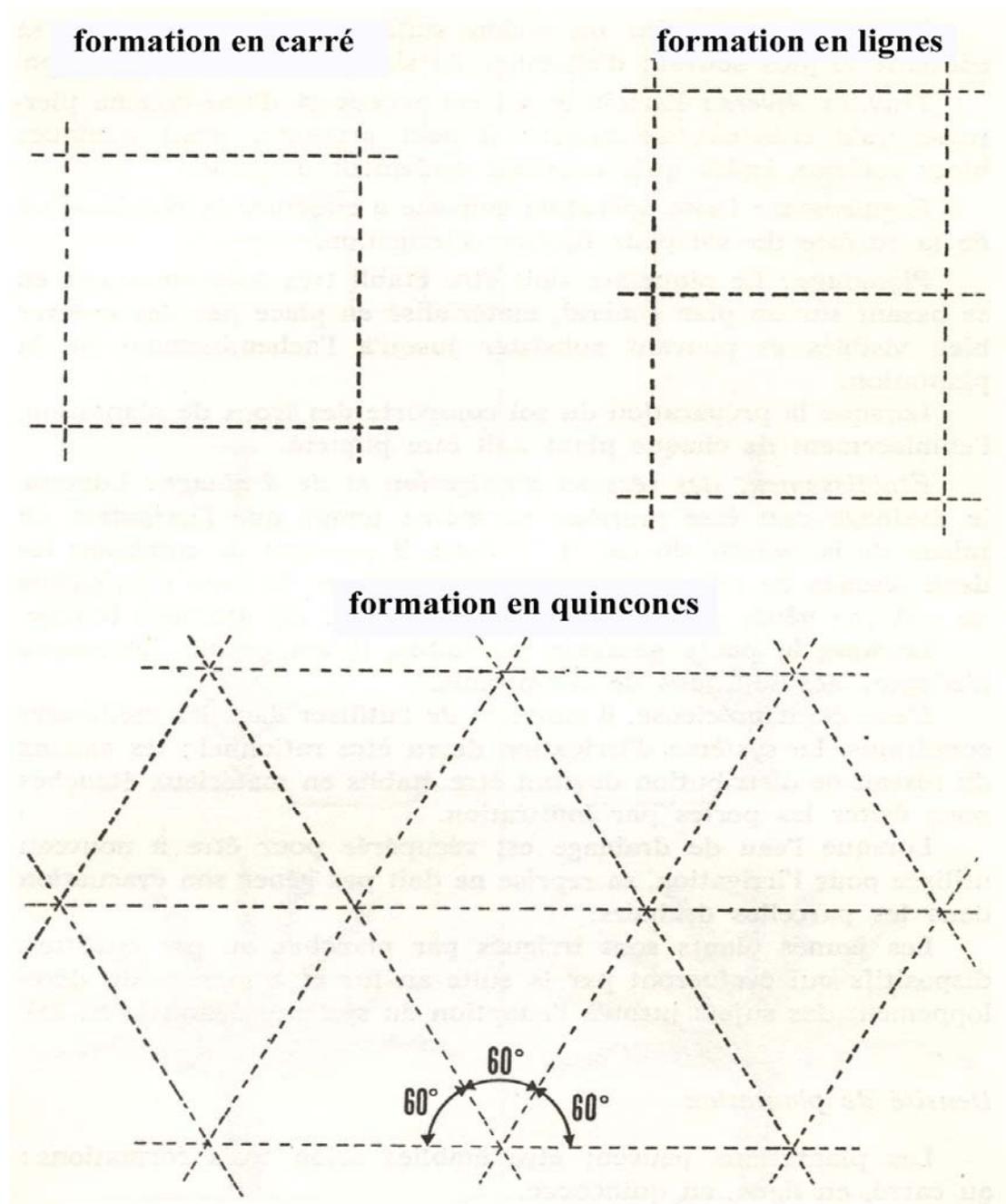
#### II -II-4 :Densité de plantation

Les plantations peuvent être établies selon trois formations : au carré, en ligne, en quinconce. Les palmeraies sont généralement établies en carré ou en ligne (fig 2-10), la formation en quinconce, bien qu'elle permette une répartition rationnelle des plants et une meilleure utilisation en terrain, est peu utilisée en raison des difficultés d'établissement.

La densité de plantation doit tenir compte des facteurs écologiques et du développement qui diffère selon les cultivars. Les palmeraies de Deglet-Nour de Californie (U.S.A.) sont

<sup>6</sup> Boualem.R et Hallouche.W, 2006,*la foggara :le systeme hydraulique des oasis du grand erg occidental en déclin*,séminaire international ,ghardaia algerie

établies pour la plupart à la densité de 100 pieds/ha (10 x 10), celles de Khadrawy à 204 ou 156 pieds à l'hectare (7 X 7 et 8 X 8). Dans le sud-est algérien, des palmeraies sont presque toutes établies à la densité de 123 pieds/ha (9 X 9). Au Sud du Sahara la densité de plantation des palmeraies traditionnelles est très forte et dépasse parfois 500 pieds/ha (plantation en désordre); c'est en partie pour cette raison que les rendements sont faibles, de l'ordre de 2.000 - 4.000 kg/ha.



**Figure n°2-10** : Trame d'implantation du palmier

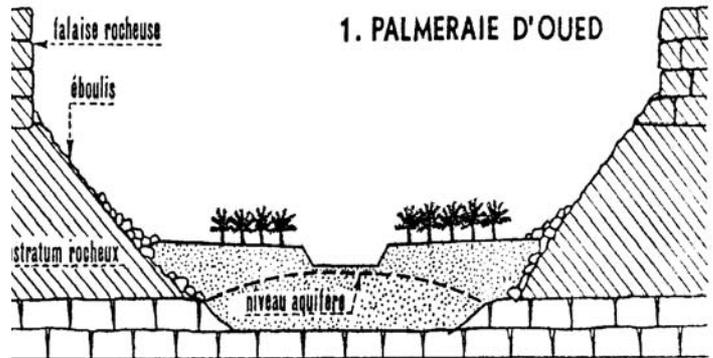
Source :P.MUNIER

### II -II-5 :Typologie des oasis

L'implantation des oasis dans un système désertique n'est pas l'affaire du hasard. Elle se fait quand il est possible d'irriguer au moyen de barrages- réservoirs, sur des sources artésiennes, ou sur des forages modernes.

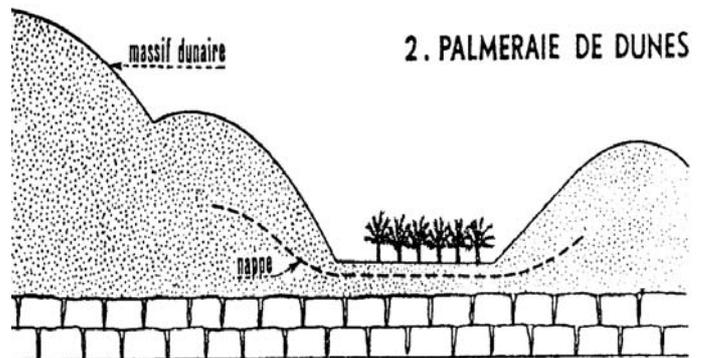
#### **1)- Oasis d'oued:**

Oasis en bordure d'oueds, sur  
Les deux rives. Un grand savoir  
faire en matière  
d'aménagement hydraulique  
pour gérer les cours d'eau et  
les crues.



#### **2)- Oasis de dunes:**

Oasis dans les grandes  
formations dunaires du  
sahara. Le plus typique est  
celui du "Ghout"  
(Entonnoir). Un grand  
savoir faire en matière  
gestion des sables  
un deuxième type d'oasis de  
dunes consiste à planter les  
palmiers entre les espaces  
dunaires sans changer la  
topographie du terrain. Les  
palmiers sont irrigués à  
partir de puits traditionnels



#### **3)- Oasis de montagne:**

Oasis à la limite de l'espace  
saharien et montagneux,  
dans des vallées encaissées.  
l'eau est généralement  
permanente.

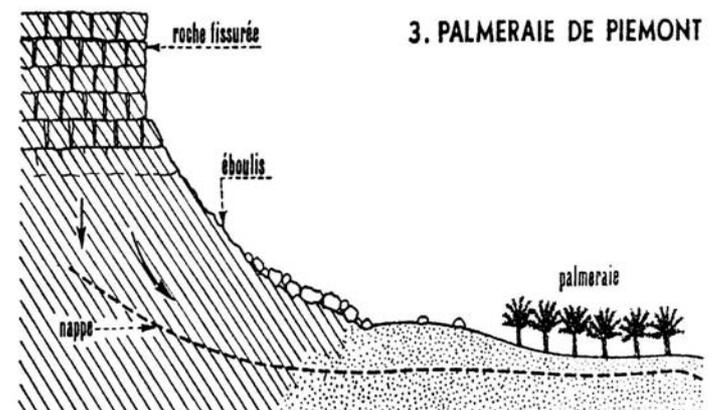


Figure n°2-11 : Différent emplacement de la palmeraie

Source :P.MUNIER

**II -II-6 : LE PALMIER DATTIER**

«Ainsi que les hauts palmiers aux régimes superposés »  
(TSC, Qâf : 10).

Le palmier dattier a été dénommé *Phoenix dactylifera* par LINNÉ en 1734. Phoenix dérive de Phoinix, nom du dattier chez les Grecs de l'antiquité, qui le considéraient comme l'arbre des Phéniciens ; Dactylifera vient du latin dactylus dérivant du grec daktulos, signifiant doigt, en raison de la forme du fruit. Le dattier est une monocotylédone de la famille des palmiers, sous famille ou tribu des Coryphinées, le genre phoenix comporte douze espèces d'après aug.chevalier<sup>7</sup> (tab 2-2)

Le palmier dattier était primitivement cultivé dans les zones arides et semi-arides chaudes de l'Ancien Monde. Il fut propagé, par la suite, en dehors de son aire d'extension et de culture, non seulement comme arbre fruitier, mais aussi comme essence ornementale.

On le trouve en association avec d'autres palmiers d'espèces voisines dans toutes les localités privilégiées à hiver doux des rivages méditerranéens, où sa présence communique au paysage une note de chaleur et d'exotisme.

Il fut introduit sur les côtes orientales de l'Afrique par les Arabes, bien avant les premiers voyages des navigateurs européens du XV<sup>e</sup>, siècle dans ces parages, aux XVII<sup>e</sup>, et XVIII<sup>e</sup> siècles aux îles Comores et Mascareignes, ainsi qu'à Madagascar, en Australie et récemment en Afrique du Sud.

---

<sup>7</sup> aug.chevalier in Munier.P, 1973,Le Palmier Dattier,G-P.Maisonneuve&Larose,Paris .

**Tableau n° 2-2:** Le genre Phoenix

Source :Aug. CHEVALIER

<b>Phoenix</b>	<b>Aire de dispersion</b>
1. Phoenix dactylifera L.....	Europe méditerranéenne, Afrique,Asie Occidentale Introduit en Amérique,en Australie
2. Phoenix atlantica A. Chev.....	Afrique Occidentale, îles canaries
3. Phoenix canariensis Chabaud	et l'archipel du Cap-Vert
4. Phoenix reclinata Jacq	Afrique tropicale,Yemen (Asie).
5. Phoenix sylvestris Roxb	Inde, pakistan Occidentale
6. Phoenix humilis Royle	Inde, Birmanie, Cochinchine.
7. Phoenix hanceana Naudin	Chine méridionale,Formos
8. Phoenix Roebelinii O'Brien	Ceylan, Tonkin, Annam, Laos, Thailand
9. Phoenix Farinifera Roxb	Inde, Ceylan, Annam
10. Phoenix Rupicola T.Anders	Inde( Sikkim)
11. Phoenix Acaulis Roxb	Bengale.
12. Phoenix paludosa Roxb	Bengale,Tenasherim,Andaman,Nikobaren,Thaïlande,Cochin chine,Sumatra

### II -II-6-1 :Morphologie du dattier

#### a- Tronc :

C'est un stipe généralement cylindrique au-dessus de sa région basale,il ne se ramifie pas mais le développement des gourmands ou des rejets peut donner naissance à des pseudo ramifications (fig 2-12) comme il peut atteindre et dépasser (20 m de haut) <sup>8</sup>.

#### b- Palmes :

Ce sont des feuilles composées, pennées. Les folioles sont régulièrement disposées en position oblique le long du rachis, isolées ou groupées, pliées longitudinalement en gouttière (fig 2-13).

Elles sont disposées sur le tronc en hélice; elles demeurent en activité pendant plusieurs années, de quatre à sept ans, puis elles jaunissent, se dessèchent et meurent.

Un palmier adulte, en bon état de végétation, peut avoir, de 100 à 125 palmes actives.

<sup>8</sup> En bordure de l'Oued, à Bou Saada (Algérie), il existe des palmiers ayant des troncs de 25 m de hauteur ; on en observe aussi de cette taille dans le sud tunisien.

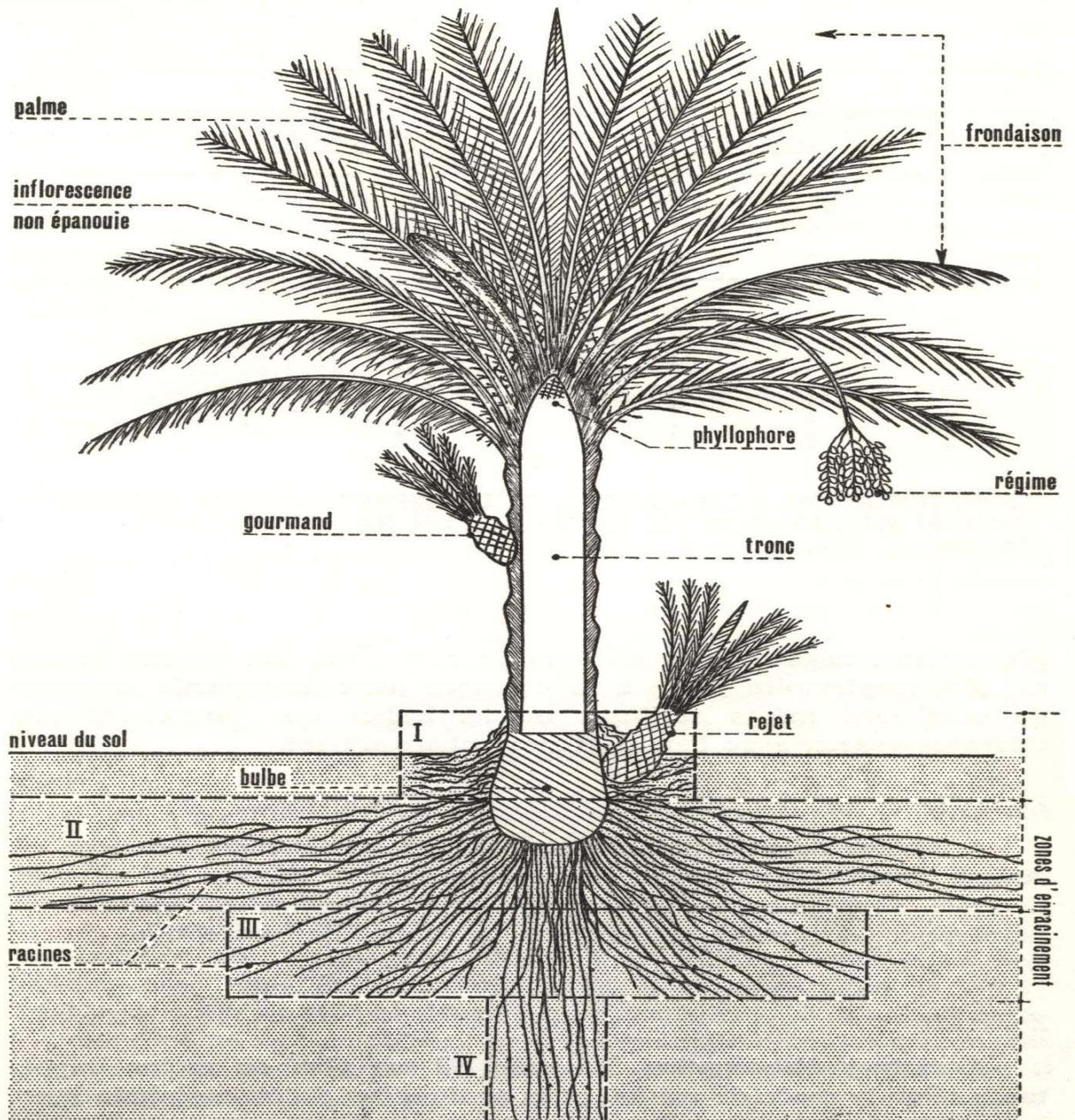


Figure n° 2-12: Figuration schématique du dattier

Source :P.MUNIER

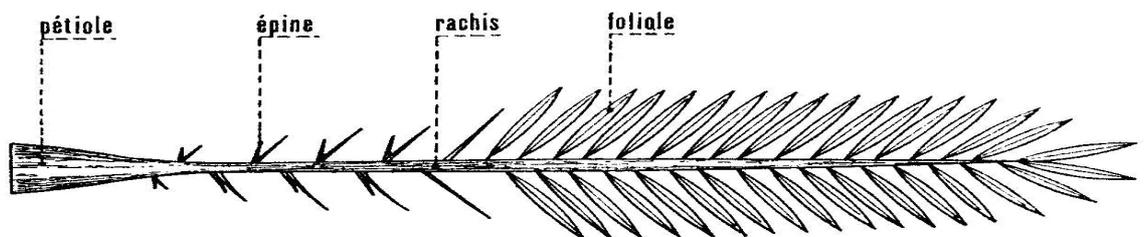


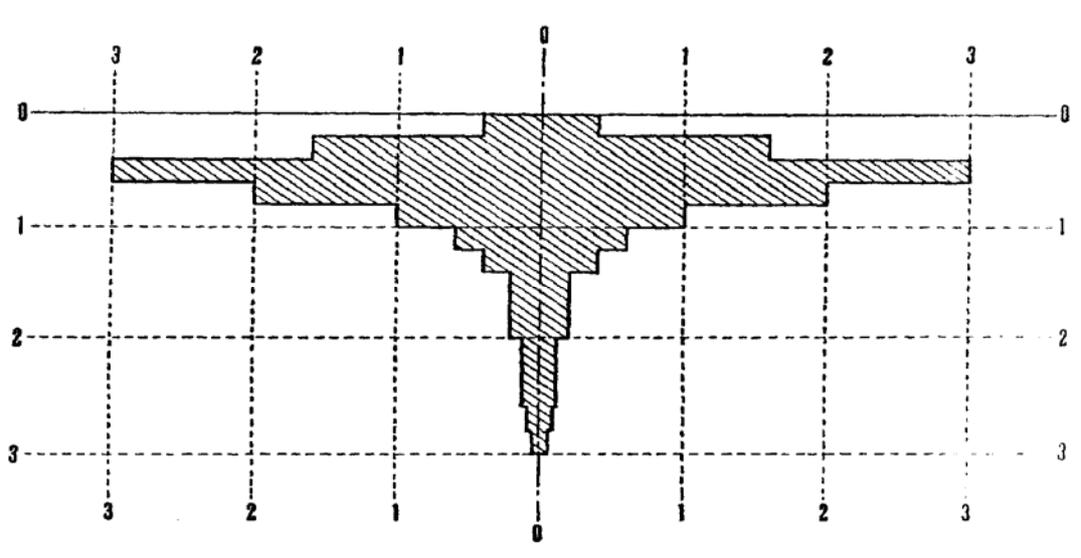
Figure n° 2-13: Schéma d'une Palme

Source :P.MUNIER

Le système radical du dattier est fasciculé, les racines ne se ramifient pas et n'ont relativement que peu de radicelles. Le bulbe, ou plateau racinal, est volumineux et émerge en partie au-dessus du niveau du sol. Et présente quatre zones d'enracinement (fig 2-14) :

- Zone I : localisée au pied du dattier, comporte de nombreuses racines adventives aériennes qui peuvent se développer à partir de la région basale du tronc. Ces racines jouent un rôle respiratoire grâce à la présence dans leur partie corticale de nombreux méats aérifères ou lenticelles qui permettent des échanges gazeux avec l'air de l'atmosphère du sol.
- Zone II : est très étendue, surtout en culture unique, avec la plus forte proportion de racines du système. Celles-ci sont pourvues de nombreuses radicelles et peuvent se développer largement au-delà de la zone de projection de la frondaison.
- Zone III : est plus ou moins importante selon le mode de culture et la profondeur du niveau phréatique.
- Zone IV : Cette zone peut être très réduite et se confondre avec la précédente lorsque le niveau phréatique se trouve à faible profondeur, mais lorsque celui-ci est très profond, les racines de cette zone peuvent atteindre de grandes longueurs.

L'extension de ces zones d'enracinement est variable, en fonction de la nature du sol, du mode de culture, de la profondeur du niveau aquifère, ainsi que des cultivars et de l'origine du sujet.



**Figure n° 2-14:** Représentation schématique de la répartition en profondeur et en largeur des racines d'un palmier-dattier

Source :P.MUNIER

### II -II-6-2 : Exigences écologiques

#### a) -Température :

Espèce thermophile, le palmier dattier ne peut fructifier au-dessous de l'isotherme 18° C, mais supporte les températures basses. Il ne fleurit que si la température moyenne est de 20 à 25°C.

L'humidité qui convient au palmier est celle des zones sahariennes, souvent < à 40 %.

#### b) - Eau :

Pour assurer une bonne production dattier, l'arbre a besoin de 16.000 à 20.000 m<sup>3</sup>/ha/an, selon la nature du sol, la profondeur de la nappe, et le degré d'insolation et de température.

Les estimations sont de l'ordre de 50 l/mn/ha en été et de 40 l/mn/ha en hiver.

#### c) - Sol :

Les palmiers sont cultivés dans les sols très variés. Ils se contentent de sols squelettiques : sableux, sans aucune consistance, mais affectionne les sols meubles et profonds assez riches ou susceptibles d'être fertilisés. C'est une espèce qui craint l'argile.

### II -II-6-3 : Climat et cycle végétatif

Le palmier dattier est un espèce thermophile, Son activité végétative se manifeste à partir d'une température de +7 à +10°C, si les individus, les cultivars et les conditions climatiques local la température de 10°C est généralement considérée comme le point 0 de végétation<sup>9</sup> il peut donc supporter des températures très élevées dans les régions les plus chaudes du globe où il est généralement cultivé.

Après une période hivernale particulièrement froide, on observe toujours une floraison plus tardive.

La floraison du dattier se déclenche lorsque, après une période froide ou fraîche, la température moyenne journalière remonte et atteint un seuil considéré comme le zéro de la floraison. Cette température varie évidemment avec les individus, les cultivars et les conditions climatiques locales.

Le dattier est une espèce héliophile il est cultivé dans les régions à forte luminosité .l'action de la lumière en favorise la photosynthèse (radiation du jaune au rouge) et la maturation des dattes (radiation ultra-violettes), mais elle ralentit et arrête la croissance des organes végétatifs (radiation du jaune au rouge et ultra-violettes), celle-ci ne s'effectue normalement que la nuit, avec une activité ralenti le jour, par temps couvert.

<sup>9</sup> DE CANDOLLE : d'après cet auteur, la température limite de la culture du dattier cornu arbre ornemental et de 15°,3(temperature moyenne annuelle)

Les plantations doivent donc être établies à une densité permettant un bon éclairage des sujets. Dans les plantations très denses la lumière étant tamisée par le couvert des palmes, la pénombre défavorise la maturation des dattes mais favorise la croissance des rejets; lorsque ceux-ci sont laissés sur les pieds- mères, ils ont tendance à filler. Les dattiers non contrôlés se développent en touffes, mais seuls les plants bien ensoleillés, les pieds- mères en général, sont productifs.

Le dattier est sensible à l'humidité de l'air pendant la période de fructification, une forte humidité favorise la pourriture des inflorescences et gêne la pollinisation en provoquant une germination du pollen. A l'époque de la maturation elle diminue la transpiration des dattes, et celle-ci cesse complètement vers 90%.or, la maturation des dattes s'accompagne d'une diminution de leur teneur en eau par transpiration, Les meilleures dattes sont récoltées dans les régions où l'humidité relative de l'air est moyennement faible (tab 2-3). dans les régions trop humides, les régions côtière notamment, les dattes sont médiocre qualité, très aqueuses et de conservation difficile; les Deglet-Nour des régions de Biskra, Touggourt et el oued sont de meilleure qualité.

**Tableau n°2-3:** L'humidité relative dans quelques palmeraies

Source : P.MUNIER

<b>Palmeraies</b>	<b>Humidité relative moyenne de l'air</b>
Sud tunisien	
Gabes	66%
Nefta	60%
Tozeur	61%
Kebili	62%
Sud algérien	
Biskra	40, %
Toggourt	43,5%
Delta du Nil	
Alexandrie	68%
Port said	74%
Mauritanie intérieur:atar	37%
Kaouar(niger):bilma	25%
Chott el arab(iraq):basra	59%

## II -II-7 :Les Avantages environnementaux de l'oasis

L'oasis est une zone nettement différente de l'espace environnant et le changement des propriétés de surface s'accompagne d'un changement des propriétés de la basse atmosphère au contact de l'oasis ; il y a donc modification locale du climat environnant qui est le plus souvent chaud et sec (avec de fortes amplitudes thermiques), à cause d'un fort rayonnement solaire et de la rareté des pluies ; la vitesse du vent est également souvent élevée à l'extérieur de l'oasis, en raison notamment de la relativement faible rugosité du désert.

L'oasis modifie en fait trois éléments :

- 1) La teneur en eau à la surface du sol, plus élevée ici en raison de la nappe d'eau proche ou de l'irrigation.
- 2) La rugosité dynamique (ou la force de frottement du vent) augmentée par la présence des arbres et parfois de plusieurs niveaux de végétation.

- Fixation de la poussière par les palmes

Des études on indiquée que les palmes du palmier rassemble une quantité importante de poussière et varie selon leurs position par rapport au pistes agricole

**Tableau n°2-4:** Fixation de la poussière par les palmes  
source:Gassim et autres<sup>10</sup>

Eloignement du palmier par rapport a la piste agricole en m	Quantité de la poussière en (g/cm <sup>2</sup> )
10	0.76
40	0.26
60	0.21
120	0.13

- 3) La répartition verticale de l'énergie rayonnante qui est distribuée dans l'oasis en fonction des strates végétales :

- Une nouvelle répartition de l'énergie rayonnante :

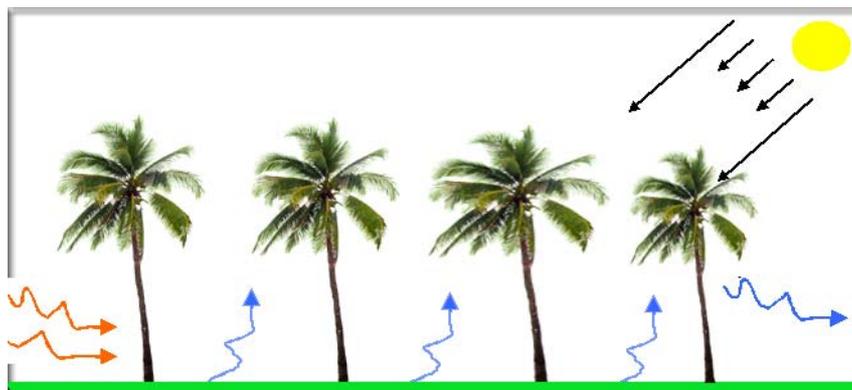
L'association d'arbres et de cultures basses peut se faire de plusieurs façons. Quand les arbres constituent des rangs assez distants, certains rayons solaires peuvent atteindre directement le sol et l'énergie totale qui parvient à l'étage inférieur dépend de l'ombre portée par les arbres et de leur porosité.

<sup>10</sup> Gassim.A and al, 1986, effet of dust on the leaves and fruits of date palm (phoenix dactylifera), proceeding of secand symp: on date palm saudia Arabia , p619-625.

Quand les feuillages des arbres se rejoignent, c'est l'ensemble des rayons lumineux qui subissent une réflexion ou une absorption par les feuilles, avant de parvenir au sol.

- Modification du spectre de la lumière :

Quand un rayon lumineux a subi une ou plusieurs réflexions à la surface des feuilles ou traversé une ou plusieurs feuilles, la composition spectrale de la lumière s'est modifiée, pour la raison simple que la part d'énergie réfléchie ou transmise (et donc de l'énergie absorbée) dépend de la longueur d'onde ; il y a donc un effet de filtre et la lumière qui parvient au sol est qualitativement différente de la lumière incidente.



**Figure n° 2-15: Avantages Environnementaux de L'oasis**

Source : L'Auteur

### II -II-7-1 : Le Palmier comme matériau de construction

Des techniques et matériaux de construction traditionnelle comme dans toutes les architectures vernaculaires, l'utilisation des matériaux locaux provenant du site même est systématique. Dans la région du Sahara algérienne, le palmier étant sa richesse principale est entièrement utilisable mais il n'est mis en œuvre qu'après sa mort afin de ne pas détruire (l'œuvre de dieu). Les différents éléments sont extraits du palmier et chaque élément trouve son utilisation le stipe par exemple peut être utilisé entier comme de grosses poutres, comme il peut être scié dans le sens de la longueur en 2,3,4 partie qui donneront des poutres présentant une face plane de 12 à 15 cm de côté, sur 2 m de long environ. Il peut être aussi découpé en planches assez grossières de 30 à 40 cm de largeur avec une épaisseur de 3 cm, pour la menuiserie. La palme est d'abord séchée. Elle peut être utilisée entière ou dépouillée et réduite à la nervure.

## II -II-8 : Relation oasis -cadre bâti

Marc Cote écrivait au sujet des villes sahariennes:

« C'est là une catégorie à part, faisant référence d'une part au climat aride, d'autre part à l'enclavement au sein d'étendues vides, deux traits qui leur ont donné une forte spécificité. ces Villes sont nées de la fonction de relais sur les grands axes caravaniers d'autrefois, elle ont Pris la forme de ville / oasis, l'eau et la palmeraie assurant le support de cette fonction de relais. Elles n'ont pas connu par ailleurs à l'époque coloniale de dédoublement urbain, car la colonisation les a négligées, et n'a implanté que quelques équipements. Mais elles ont été récupérées par L'Etat indépendant, qui les a utilisées comme base de contrôle territorial d'où leur croissance récente rapide. Ces extensions sont généralement réalisées en rupture complète avec les modes de constructions traditionnelles, dans les plans comme dans les matériaux: l'on a là des villes du Nord transposées dans le Sud, ce qui ne va pas sans problèmes d'habitabilité »<sup>11</sup>

### II -II-8-1 :Les k'sour sahariens

Le ksar prononciation locale gcar désigne un finage d'une partie habitée et d'un terroir .c'est le lieu d'agglomération d'une population relativement assez importante (100 à 200 habitant) Le ksar se trouve toujours en aval sur le cheminement hydraulique. Pour des raisons évidentes d'économie des eaux, la partie habitat du ksar se situe toujours en amont du terroir permettant ainsi à l'eau de servir d'abord aux besoins domestiques avant d'atteindre la zone de culture.

La taille du ksar et l'importance de son espace bâti sont fonction des capacités nourriciers du terroir quant celui –ci en perd, le ksar est abandonné, quant par contre le terroir est capable de se développer pour recevoir le croit démographique, le ksar se démultiplie .un autre « quartier »vient alors se juxtaposer au premier et ainsi de suite jusqu'à la limite des possibilités du terroir. A ce moment là, une autre oasis se développe plus loin avec son ksar qui pourrait en appeler d'autres. Ce qui, vu d'avion, donne à l'habitat oasien cet aspect insulaire. <sup>12</sup>

<sup>11</sup> Marc Cote,L'ALgérie,Masson/ Armond Colin,p97

<sup>12</sup> Abderrahmane Moussaoui , l'habitat oasien : espace et société (habiter le désert )séminaire international Ghardaïa du 09au12dec2006

De point de vue architectural et fonctionnel, le Ksar, en relation avec la palmeraie forme le couple le mieux adapté aux conditions climatiques dans les milieux arides.



**Figure n° 2-16:** k'sar entourée par la palmeraie

Source : Encarta 2006

### **II -II-8-2 : La compacité urbaine dans le désert**

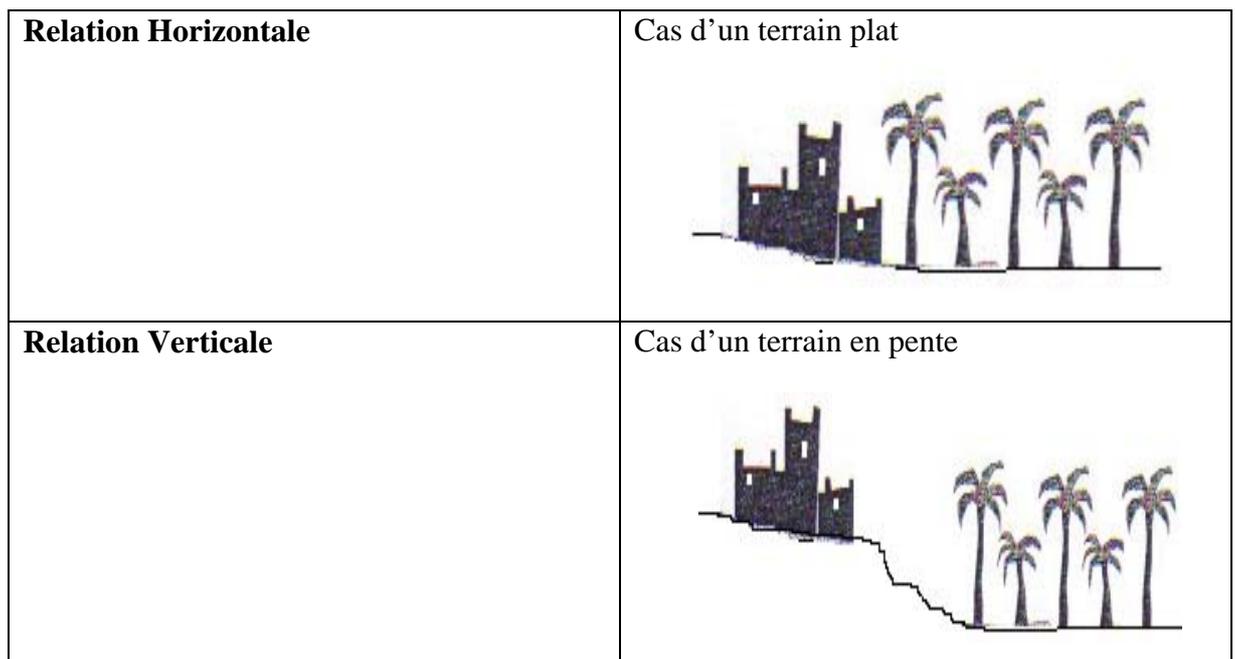
L'expérience urbaine des zones arides prouve que les formes compactes sont efficacement ajustées sur l'effort climatique, La nécessité de l'adaptation humaine aux zones arides a provoqué le développement de ces formes urbaines compactes, qui ont des microclimats plus modérés que ceux des environs, les ruelles étroites, et l'enroulement des rues, qui bloquent les rayons du soleil, et les vents de poussière

### II -II-8-3 :Rapports oasis -cadre bâti

Les oasis sont bâties sur une gestion rigoureuse des ressources rares en terre et en eau dans une alliance avec le palmier dattier. Les oasis sont des écosystèmes patiemment élaborés par les sociétés qui les habitent en milieu aride, sous forme de constructions sociales, écologiques et économiques très complexes.

Les processus à l'oeuvre sont ceux d'une optimisation des interactions entre références culturelles, contraintes techniques, limites économiques et potentiel écologique face à l'adversité climatique d'un milieu hostile à la vie.

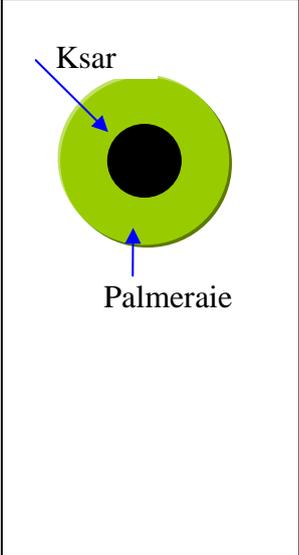
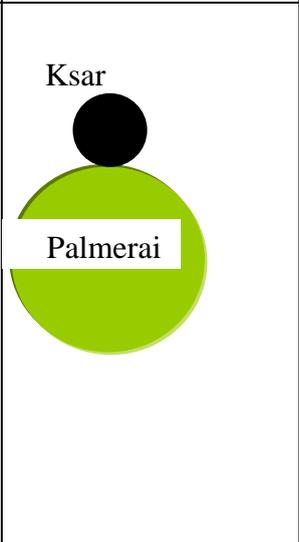
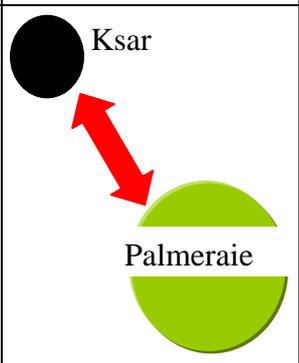
En ce sens, elles constituent des expériences éprouvées et vivantes de développement durable autant qu'un gisement d'expertise inégalable. Elles font partie du patrimoine de l'humanité au même titre que d'autres réalisations aujourd'hui sauvegardées



**Figure n° 2-17:** Relation palmeraie cadre bâti

Source : l'Auteur

**II -II-8-4 :Position du cadre bâti par rapport a l'oasis**

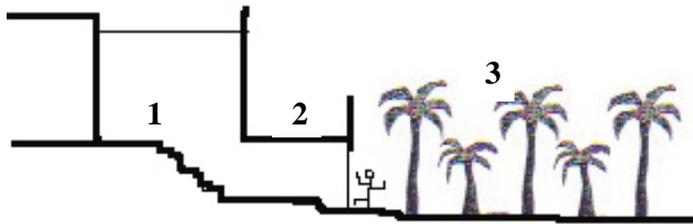
<p><b>1-Noyau</b></p>		
<p><b>2-Frontiere "voisinage"</b></p>		
<p><b>3-Rupture totale</b></p>	<p>séparation marquée entre le milieu agricole qui se positionne dans les zones irrigables tandis que l'habitat prendra place face au désert, dans le secteur le plus aride du territoire.</p>	

**Figure n° 2-18:** Position du cadre bâti par rapport a la palmeraie

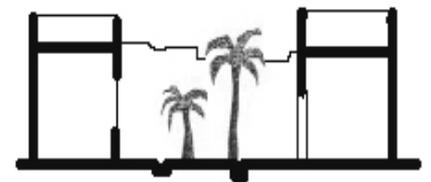
Source : l'Auteur

- **Le palmier et la maison :**

Le palmier est utilisé à l'intérieur ou devant la façade de la maison afin de protéger les mur contre les rayons solaires directs. Par exemple une couronne du palmier de diamètre de 3m peut ombrager une surface de 30m<sup>2</sup>, et occupe seulement 0.25m<sup>2</sup> au sol.



- 1- maison
- 2- Rue
- 3- Palmeraie



**Figure n° 2-19:** Plantation du palmier dans la cour

Source : l'Auteur



**Figure n° 2-20:** Plantation du palmier devant la maison

### II -II-9 : Les conséquences de l'urbanisation sur l'espace oasien

L'urbanisation modifie l'ampleur et le type de végétation .Avec le déboisement et la fragmentation, il y a des réductions de flore indigène et faune et changements de température de l'air, d'évapotranspiration, et d'albedo (Jager et Barry, 1990 ; Grimmond et autres, 1994 ; Heisler et autres, 1994).

Le phénomène d'urbanisation qui sévit dans la ville de Biskra est en train de donner à

celle-ci une croissance malade. La forte avancée de l'urbanisation engendrant la destruction de l'équilibre écologique a porté un coup fatal au bien être de l'homme (Tab2-5). La lecture de l'évolution du processus d'urbanisation dans cette ville fait paraître un passage brusque des formes urbaines traditionnelles construites en harmonie parfaite avec les éléments de son environnement naturel et tout particulièrement avec le climat, la palmeraie et l'eau, à des formes urbaines nouvelles basées sur le système de typification des ZHUN et des lotissements issu d'un schéma d'aménagement standard,

Le passage, d'une société agricole vers celle à vocation de plus en plus industrielle a bouleversé l'ordre économique établi depuis longtemps. Considérant comme non rentable la culture des dattes, certains propriétaires préfèrent tout simplement se débarrasser de ces palmiers. Le terrain débarrassé de ces palmiers rapporte plus d'argent que la production des dattes. Par cet acte, on assiste à un grand déséquilibre du microclimat local et de l'écosystème de la ville de Biskra. En effet en 1954 Biskra possédait plus de 250 000 palmiers pour une population ne dépassant pas les 50 000 habitants ( un ratio de 05 palmiers par habitant)<sup>13</sup>

**Tableau n° 2-5:** Evolution de la palmeraie

Source: Recensement de la direction de l'agriculture Wilaya De Biskra

Années	1962	1966	1978	1992
Nombre de palmier	150 000	150 000	100 000	45 000
Surface de la palmeraie en hectare	1400	1400	600	250
Pourcentage de la surface de la palmeraie par rapport à l'environnement urbain	95%	85%	60%	25%
Pourcentage de la surface bâtie par rapport l'environnement urbain	5%	15%	40%	75%

<sup>13</sup> Bencheikh, H.M.F, 1999, *the Process of urbanisation and its impact on the urban environment of the oasis, the case of biskra*, Seminaire biskra ,

**II-II-10 :Conclusion**

Le désert constitue la plus grande étendue géographique dans le monde qui encore à peine habité. La quasi-totalité des habitants est concentrée dans les ksours (villages) situés à proximité des principales oasis.

Les oasis ont été généralement implantées à côté des sources d'eau. La survie de la palmeraie et son extension dépend de l'existence de l'eau et son abondance. Les habitants y pratiquent une agriculture basée essentiellement sur le palmier dattier. La rareté de l'eau dans les régions désertiques a permis aux hommes de s'ingénier à trouver des moyens pour l'exploiter d'une manière judicieuse dans l'irrigation de la palmeraie (seguia, foggara) et la satisfaction de leurs besoins domestiques.

Le palmier dattier constitue l'élément fondamental de la structure de l'oasis. Grâce à ses caractéristiques physique et biologiques, il est le protecteur majeur des cultures en sous étage de la violence destructive des vents et de l'intensité du rayonnement solaire.

La culture en trois étages (palmier, arbre fruitier, culture maraîchère), favorise la formation d'un microclimat.

Enfin, dans toute stratégie d'urbanisation dans les zones chaudes et arides, il y a lieu de prendre en considération les facteurs suivants:

- Adduction d'eau en moyen de nouveaux forages et canaux d'irrigation pour préserver l'agriculture saharienne et son extension ;
- La préservation des nappes d'eau souterraines des effets néfastes des rejets des eaux usées conséquences d'une urbanisation anarchique.
- Lutte contre la désertification par la création des couverts végétaux denses.



### **III-1 : Introduction**

L'homme de par sa constitution physiologique, ne peut pas s'adapter aux conditions climatiques extrêmes. Il a toujours tenté de rechercher un environnement favorable, tout en le développant à travers les temps, en essayant d'optimiser ses qualités, en vue d'atteindre les conditions de confort optimales souhaitées.

Cependant, l'interaction entre le climat et l'homme nécessite un équilibre avec l'environnement, qui dépend de la conjugaison de plusieurs facteurs, qui vont être traités pour pouvoir comprendre toutes les caractéristiques d'une ambiance confortable.

Ce chapitre est une compréhension théorique basée sur une bibliographie climatologique et environnementale générale, traite l'influence et la contribution de la densité végétale comme élément composant du paysage naturel dans le rafraîchissement du climat local, contrôle de l'ensoleillement, la température, l'humidité et l'écoulement de l'air.

### **III-2 : Le Climat**

Dans notre système environnemental, le climat et à travers ses divers éléments, s'avère être d'une très grande influence sur la vie quotidienne de l'être humain, et par delà sur sa façon de concevoir son milieu aussi bien à l'intérieur de son habitation qu'à l'extérieur.

Pour s'abriter de certains effets indésirables de la nature, l'homme, et ce depuis la résolution des problèmes initiaux qui lui faisaient obstacle dans sa vie (manger, s'habiller, s'abriter...) s'est donné la peine de penser à des solutions qui le protègent des conditions climatiques quelques fois dures.

Le climat est une description statistique de l'état du système Terre à partir de la connaissance des moyennes et des variabilités spatiales et temporelles de grandeurs (températures, précipitations, vent, humidité, etc.) sur des périodes variant de quelques mois à plusieurs milliers ou millions d'années.<sup>1</sup>

Le climat est l'une des principales données de la morphologie des systèmes architecturaux et urbains (DUPLAY, 1982)

---

<sup>1</sup> Dictionnaire établi par Marie-Antoinette Mélières in <http://www.fr.wikipedia.org>

Il est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs, incluant la température, la vapeur d'eau, le vent, les radiations solaires et les précipitations dans un endroit particulier et à travers une période de temps.

Le climat est défini comme une généralisation des conditions « temps » de jour en jour et à travers toute l'année. (KENDREW, 1957)

Le climat : comme phénomène physique, est le résultat d'un grand nombre d'éléments qui se combine entre eux.

A cet effet, il est reconnu qu'une bonne connaissance des phénomènes climatologiques, ses variables, ainsi que leur utilisation de manière judicieuse, pourraient être d'un grand apport aux conditions de confort en général, et particulièrement le confort des espaces intérieurs.

### **III-2-1 : Les facteurs climatiques environnementaux :**

**-a)** La température de l'air est le facteur le plus influent sur le confort humain d'après « recommandation architecturale »<sup>2</sup> une température de l'air allant de 22°C à 27°C est acceptable.

La température de l'air contrôle directement les échanges par convection qui est l'un des termes principaux du bilan thermique.

La température de l'air dans un local n'est pas uniforme, des différences de températures d'air se présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe.<sup>3</sup>

**-b)** L'humidité de l'air n'a pas un grand effet sur la sensation de confort thermique, si les températures d'air sont confortables ; Sauf si elle est extrêmement haute ou extrêmement basse. Il est admis des variations de l'humidité relative entre 19 à 65 % « recommandation architecturale »<sup>4</sup>

L'humidité de l'air peut être exprimée comme sa pression de vapeur d'eau, l'humidité de l'air à l'intérieur des bâtiments influence le corps humain de façon directe et indirecte,

---

<sup>2</sup> - Ministère de L'habitat, 1993, *Recommandations Architecturales* – ENAG/édition, Alger p17.18.20.

<sup>3</sup> - NEUF ; 1978, *climat intérieur/ confort, Santé, confort visuel*, revue européenne d'architecture n° 77, p 12.

<sup>4</sup> Ministère De L'habitat, 1993, *Recommandations Architecturales*, ENAG, Alger, p18.

pouvant provoquer l'inconfort, la sensation de chaleur et de sécheresse des muqueuses des voies respiratoires.

-c) Le mouvement de l'air et la vitesse de l'air possèdent un effet considérable sur la sensation de confort (tab 3-1) ; Plus le mouvement de l'air est important plus le refroidissement du corps ou l'échange de chaleur par convection avec l'air ambiant est accéléré.

-si la température de l'air est inférieure à celle de la peau, les pertes par convection augmentent

-si la température de l'air est très élevée l'air chauffe la peau.

-aussi si l'air est moyennement humide l'air accélère l'évaporation.

**Tableau n°3-1 : Echelle de Beaufort.**

Source : LAVIGNE, 1994.

force	Vitesse du vent (Z=2m)	Caractéristique du vent
2	1.5 - 3	Les visages ressentent le froid, les feuilles bruissent
3	3 - 4.5	Feuilles et petits rameaux en mouvement permanent, le vent déploie pleinement les drapeaux, les cheveux ont dérangé, les vêtements amples battent au vent.
4	4.5 - 7	Les poussières et les papiers se soulèvent, les branches s'agitent, les cheveux se décoiffent.
5	7 - 9	Les petits arbres avec les feuilles oscillent, la marche est légèrement perturbée.
6	9 - 11	Les grosses branches se mettent en mouvement, le vent siffle dans les fils téléphoniques, la marche devient instable.
7	11 - 14	Les branches d'arbres très en mouvement, grosse difficulté à marcher contre le vent.
8	14 - 17	Les branches d'arbres se cassent, progression pédestre très difficile et dangereuse.
9	17 - 20	Risque d'être violemment projeté à terre.

-d) Le rayonnement influence le confort thermique, dépend de la position du corps par rapport au soleil, la tenue vestimentaire et l'albédo des objets environnants et la vitesse du vent. Givoni, 1978 a estimé à partir des expériences que la quantité de rayonnement direct tombant sur un homme à demi nu dans une position debout est d'environ 70% de celle tombant sur un sujet assis le dos tourné au soleil<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> GIVONI .B, 1978, *L'homme, L'architecture Et Le Climat*, édition le Moniteur, Paris, p98.

La température moyenne radiante intègre les flux de courte et grande longueur d'onde.<sup>6</sup> La MRT est définie comme suit : si toutes les surfaces de l'environnement sont uniformément à cette température, il va se produire le même bilan thermique de cet environnement avec ses variations de températures de surfaces.<sup>7</sup> La MRT contribue à l'évaluation des différents indices de confort thermique extérieur

### III-2-2 : Les échelles des éléments du climat

"Tout concepteur a besoin de connaître le climat du lieu où il doit construire. C'est-à-dire le régime de température, l'humidité de l'air, la nature des précipitations, l'ensoleillement, et la nature des vents"<sup>8</sup>. Ces éléments peuvent orienter la conception architecturale et influence le confort à l'intérieure des espaces.

A partir de ce principe, on rencontre différents types de climats (climats zonaux, généraux, régionaux locaux et microclimat) (fig3-1) en fait, ce sont les bilans radiatifs locaux et le mouvement de l'air de faible amplitude qui joue le rôle essentiel dans la conception bioclimatique.

Il est difficile de comprendre la nature d'un climat à partir d'une donnée, il faut combiner les facteurs les plus significatifs (températures, précipitation et humidité relative) parce que l'analyse des données climatiques est très utile pour plusieurs domaines scientifiques dont l'architecture et l'urbanisme.

---

<sup>6</sup> MASMOUDI.Soraya, 2003, Relation entre géométrie urbaine, végétation et confort thermique extérieur : cas de la place dans les régions arides à climat chaud et sec. Thèse de Magistère. Université Mohamed Kheidar. Biskra, p27

<sup>7</sup> KOENIGSBERGER, O.H, INGERSOLL, T.G, MAYHEW,Alain and SZOKOLAY, S.V,1980,Housing and Building, London. Longman group, p53.

<sup>8</sup> Pierre Lavigne, 1994, Architecture climatique - une contribution au développement durable, tome 1, EDISUD, p67.

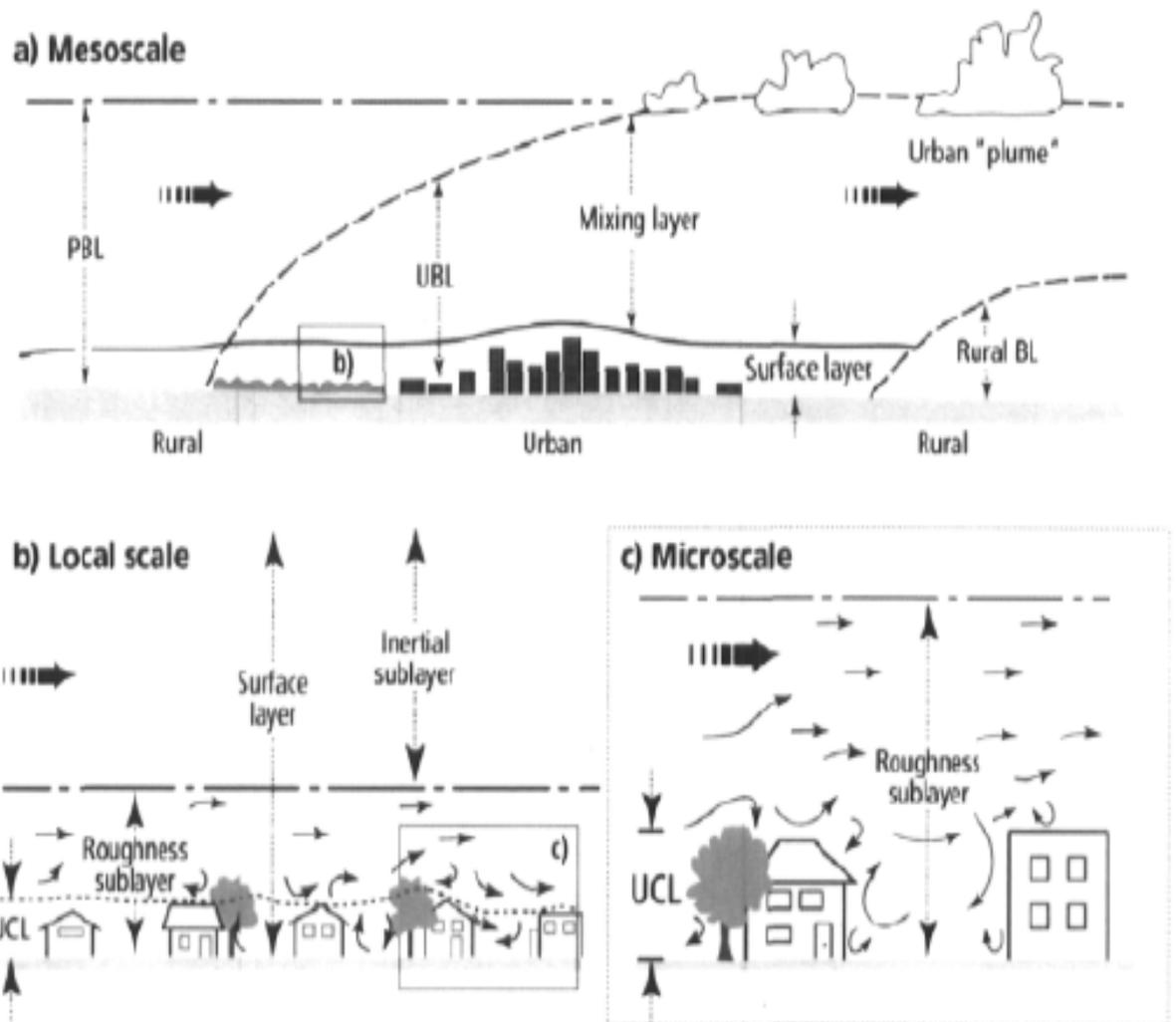


Figure n°3-1: Les différentes échelles du climat

Source : Oke 2004

### III-3 : Le Microclimat

"Le micro climat désigne généralement des conditions climatiques limitées à une région géographique très restreinte, significativement distinctes du climat général de la zone où se situe cette région"<sup>9</sup>.

Le climat d'une étendue limitée résultant de la modification du climat général sous l'effet de différences locales d'altitude et/ou d'exposition (pente ou ombres portées), d'albédo ou de végétation, de présence ou absence d'eau, de vent:

<sup>9</sup> <http://fr.wikipedia.org>

- une série de variations climatiques à l'intérieur d'une très petite région
- une modification du climat liée à la proximité d'une source de chaleur (terril en Combustion, source hydrothermale, magma, etc.
- une modification liée à un milieu particulier (lisière forestière, lac, grotte, moraine Glaciaire, tourbière, névé, etc.)

Le climat régnant au voisinage d'un organisme vivant. Ce microclimat peut être très Différent du climat général lorsque, par exemple, il s'agit du climat d'un terrier, d'une Termitière ou une grotte, beaucoup plus stable que le climat local.

Sous un arbre, ou sous la canopée, le climat est très différent de ce qu'il est en l'absence D'arbre, en raison notamment de l'évapotranspiration et de l'ombre portée au sol, Une tourbière, une oasis peuvent présenter un microclimat particulier du à la présence de l'eau et de l'évaporation

### III-3-1 : L'effet d'oasis

On parle d'effet d'oasis pour caractériser les microclimats créés par les zones humides entourées de désert ou de régions arides. Cette définition concorde avec l'idée qu'une modification de la concentration en eau de la surface entraînant une variation progressive des flux de chaleur et de vapeur d'eau, le fait de créer au sein d'une zone sèche une tache d'humidité, modifie évidemment l'évaporation, et en conséquence tout le bilan énergétique, ces modifications ont fait l'objet de modèles analytiques (Itier et Perrier 1976).<sup>10</sup>

Cet effet d'oasis est défini aussi comme changement des conditions micro climatologique dans le secteur vert comparé à un autre sans végétation, ce changement est manifesté par des températures plus basses et un taux d'humidité relative plus élevée (Oke, 1987).

Un secteur vert est plus humide et donc refroidisseur que son environnement du au processus d'évapotranspiration qui augmente la proportion de la chaleur latente en comparaison à la chaleur sensible selon le rapport de bilan énergétique de " Bowen".

Kai et al (1997), qui a étudié l'ampleur de cet effet en désert de Gobi en Chine, définit le phénomène comme différence dans l'équilibre de rayonnement entre une surface à l'intérieur

<sup>10</sup> Itier et Perrier, in Riou, C, 1990, *bioclimatologie des oasis*, option méditerranéennes série A/1, les systèmes agricoles oasiennes, France.

du couvert végétal et l'autre dans le terrain nu, d'où résulte dans des températures de surface inférieures au-dessus du sol dans une oasis de désert pendant les heures de jour.

L'effet de « l'oasis » du couvert végétal découle ainsi de l'évaporation qui consomme une importante quantité d'énergie et refroidit l'air (guyot, 1997, escourrou, 1996).

Selon plusieurs auteurs, l'effet de « l'oasis » est maximum dans les zones désertiques (Oke, 1987, guyot, 1997), mais il se manifeste quand on a un contraste entre les possibilités d'évaporation d'une zone donnée et la zone qui l'entoure.

En outre, l'ombre de la végétation empêche le rayonnement direct d'atteindre la surface au sol et de le chauffer. L'effet d'oasis se développe dans n'importe quel endroit où il y a une source d'humidité et donc l'évapotranspiration.

#### **III-4 : l'impact de la végétation sur le microclimat**

L'effet rafraîchissant des couverts végétaux est un domaine d'étude et d'intérêt de beaucoup de sciences appliquées : Climatologie et météorologie, sylviculture et Arboriculture, conception bioclimatique et physique de bâtiments, planification de paysages.

La recherche de la fraîcheur par la climatisation connaît une forte croissance, malheureusement, les appareils climatiseurs ont aussi leurs effets pervers (forte dépense énergétique, émission de polluants et de gaz à effet de serre).

Les fluides frigorigènes utilisés pour la climatisation des bâtiments résidentiels et tertiaires d'une part et pour la production de froid à domicile, d'autre part (réfrigérateur, congélateur...) sont responsables de 5.8% des émissions de gaz à effet de serre.<sup>11</sup>

Une autre technique pour rafraîchir et humidifier l'air par l'évaporation provoquée (brumisation, arrosage des sols...) est plus efficace mais grande consommatrice d'eau, cet effet sera d'autant plus sensible que l'air est sec.

Le refroidissement de la température de l'air dû à l'effet d'évapotranspiration des arbres a été bien démontré par diverses études, selon (Kramer et Kozlowski, 1960), un arbre peut être considéré comme "un refroidisseur évaporatif naturel "en utilisant jusqu'à 100 gallons de l'eau par jour. Ce taux d'évapotranspiration traduit dans un potentiel de refroidissement de 230.000 kcal/day.

---

<sup>11</sup> [www.terrevivante.org](http://www.terrevivante.org)

### III-4-1 : Utilisation de la végétation pour le contrôle solaire

Le soleil donne de l'énergie à la terre sous forme de lumière et chaleur. Cette radiation solaire vers la terre reçoit beaucoup de changement, elle va être absorbée et transformée à une chaleur qui augmente la température de l'air, la terre et les corps qui les environne (Olgyay, 1973).

Dans les régions arides, le rayonnement solaire est acceptable dans l'hiver, mais pendant la période estivale, elle est nuisible pour l'être humain qui reçoit et transmet de la chaleur par l'absorption du rayonnement direct du soleil ou des radiations réfléchies par d'autre corps en contact.

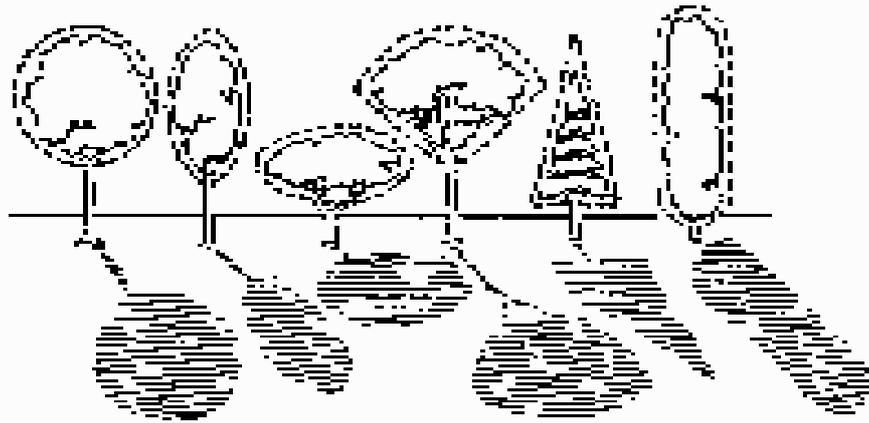
Le facteur principal à considérer dans l'implantation d'arbres pour un maximum d'ombre est la position du soleil, la forme et la surface de l'ombre portée se diffèrent selon le genre d'arbre (fig 3-2). Les arbres à feuilles persistantes maintiennent leurs feuilles tout le long de l'année et leur ombre toujours présent, les plantes vertes ayant des feuilles larges fournissent pendant l'année un ombre dense, et peuvent être l'espèce le plus utile comme arbres d'ombre au sud. En revanche, l'ombre portée des arbres à feuilles aiguille et clairsemée est plus ouvert.

La forme d'arbre influence également la surface et la densité de l'ombre, donc les arbres doivent être choisies selon leurs densité foliaire (LAI)<sup>12</sup>, capacités de bloquer les rayons solaires d'été.

Les arbres qui ont des larges feuilles denses bloquent une grande quantité du rayonnement solaire, l'ombre portée suit la forme de la couronne d'arbre. En effet, les arbres qui ont un développement vertical comme le palmier, leur ombrage apparaît bénéfique le matin et l'après midi, par contre les arbres qui ont une croissance horizontale sont utilisés comme parasol aux rayons solaires perpendiculaires à midi.

---

<sup>12</sup> - Indice foliaire ou surface de feuilles par unité de surface horizontale et défini comme tout surface recto de tissu de feuille par superficie d'unité au sol. Elle est le paramètre principal qui peut influencer dedans et au-dessous de la verrière microclimat, interception de l'eau de verrière, réduction de rayonnement, eau et gaz de carbone échange, et ainsi de suite.



**Figure n°3-2:** La forme d'arbre influence fortement le modèle d'ombre  
[http://edis.ifas.ufl.edu/document\\_eh143](http://edis.ifas.ufl.edu/document_eh143)

L'arbre, arbuste, herbe, sont tous des être vivants qui participent de loin ou de près dans le contrôle des rayons solaires indésirables. Les chercheurs (Moffat et Schiler, 1981) ont trouvé que la température d'un terrain nu est environ 136-152°F, a chuté presque de 36°F après un passage de cinq minutes de l'ombre portée d'un arbre.

L'équilibre thermique de la végétation se diffère totalement du terrain nu, car les feuilles n'ont pas une grande capacité de stockage de l'énergie (Deering, 1953)

La végétation utilise une quantité d'énergie solaire pour la photosynthèse, transformation de l'eau en vapeur et réfléchit l'autre partie vers l'atmosphère.

La couleur des feuilles contrôle la quantité de l'énergie réfléchi, par exemple la couleur claire réfléchit une grande partie de rayonnement solaire. Selon Allan Konya, une surface minérale stocke une grande quantité de chaleur, et elle reste chaude longtemps contrairement à la surface organique. Et aussi, elle réfléchit une fois de plus la chaleur à son environnement ce qui augmente les conditions d'inconfort.<sup>13</sup>

La plupart des résultats d'inconfort dans les espaces extérieurs des zones chaudes, proviennent de l'utilisation des surfaces pavées, qui stockent de la chaleur et demeurent chaudes, plus longtemps que les couverts végétaux ou l'herbe. Non seulement ces secteurs pavés ajoutent une chaleur appréciable à la couche d'air près de leur surface, mais ils rayonnent et reflètent une grande quantité de la chaleur à leur environnement, aggravant probablement les conditions déjà inconfortables (Konya, 1980)

<sup>13</sup> Allan Konya, (1984). Design Primer for Hot Climates. The Architectural Press Ltd., London, UK.

### **III-4-2 : Utilisation de la végétation pour le contrôle du vent**

Le vent a un effet direct sur la température et l'humidité de l'air et par conséquent le confort thermique humain. Dans les zones chaudes et arides, il est important d'utiliser des courants d'air pour augmenter le rafraîchissement par convection et d'augmenter l'évaporation.

Au contraire, une mauvaise gestion de la circulation de l'air peut créer un environnement non confortable. Un groupement végétal dense peut être utilisé comme brise vent et oriente le vent vers le haut ou sur les cotes (McClenon, 1977)

La végétation est parmi les éléments importants du contrôle du vent par voie d'obstacle d'orientation, déviation, infiltration, en plus elle nous offre plusieurs choix selon sa hauteur, largeur et sa densité, ce qui n'est pas le cas pour les autres éléments formant des brises vent. On peut bloquer les vents indésirables par l'utilisation d'arbre d'un feuillage dense, ou d'autre qui leur couronne atteint le sol, ou simplement intégrer les arbres avec arbustes.

Les arbres d'un feuillage moins dense ont une capacité de filtration, et refroidissent l'air qui pénètre.

Les ceintures vertes ont une grande importance dans les zones chaudes et arides, comme l'a démontré (Adams et al., 1979) l'environnement hostile dans la majorité des villes des zones arides nous pousse à se préoccuper des conditions du site et qu'il faut utiliser des ceinture vertes pour dévier les vents chauds et secs et créer un milieu frais.

Ces ceintures vertes doivent être implantées perpendiculairement à la direction dominante du vent indésirable pour quelles soient performantes.

#### **1 - Rôle de la hauteur de la ceinture verte :**

La zone protégée derrière la ceinture verte est en relation avec la hauteur des arbres.

Carpenter et autres, 1975, Clark et Paylore, 1980 ont démontré à ce sujet que la vitesse du vent derrière la ceinture verte est réduite d'environ 50% à une distance de 10-20 fois de la hauteur de la ceinture, et en relation avec le taux de perméabilité, la largeur et l'hauteur de la ceinture verte

#### **2- Rôle de la largeur d'une ceinture verte :**

Robinette, (1972) a mentionné que les facteurs importants dans l'efficacité d'un tel brise vent sont la hauteur et la perméabilité. La largeur n'a pas d'effet important sur la zone protégée, et même si la vitesse du vent est ralentie à l'intérieur du couvert végétal.

**b)- Orientation et la déviation de l'air:**

La végétation a un effet important sur l'orientation et la déviation du vent. Cette caractéristique de faire diriger le vent peut être utilisée dans l'augmentation des courants d'air dans les lieux choisis. Dans ce cas, il faut connaître la direction des vents doux et frais afin de les collecter pour augmenter le confort humain.

Il est souhaitable dans les régions chaudes et arides d'associer le vent avec des éléments d'humidification qu'il soit végétal ou hydrique afin d'humidifier les masses d'air pendant leur passage.

**c)- Circulation de l'air et la température :**

Quant on contrôle le vent, aussi nous contrôlons la température de l'air « la circulation de l'air influe sur l'opération de rafraîchissement du corps humain, elle ne réduit pas la température mais elle cause la sensation du froid qui résulte de la perte de la chaleur par convection et l'augmentation de la vapeur du corps » (McClenon, 1977)

Les arbres ralentissent la vitesse du vent, et par conséquent les zones situées derrière elle sont protégées.

Cette réduction de la vitesse d'air conduit à la réduction du pourcentage de changement dynamique thermique entre les couches d'air, ce qui conduit de cette protection du vent à l'élévation des degrés de température généralement dans ces zones protégées (Robinette, 1972)

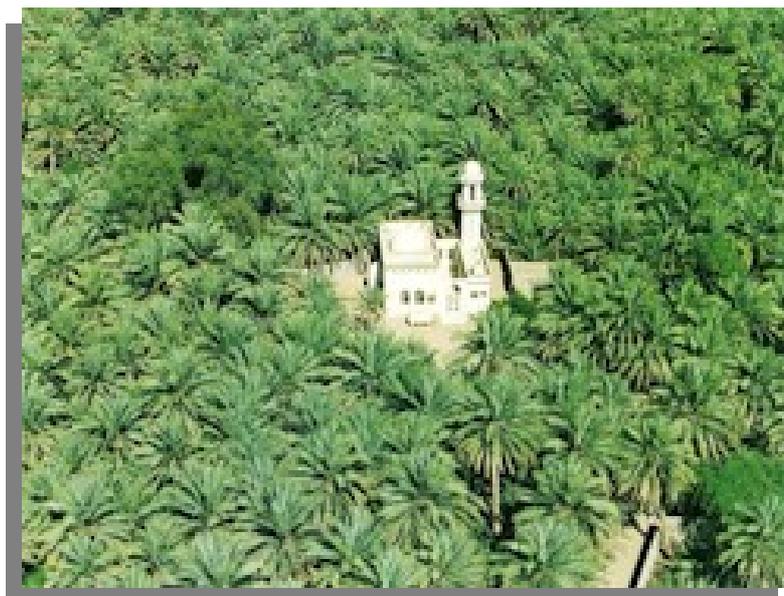
**III-4-3 : Effet de la végétation sur l'humidité et la température :**

La végétation travaille comme un climatiseur, elle absorbe de l'eau existant dans le sol et le lance dans l'atmosphère et par conséquent l'air en contact se refroidit. Dans une étude effectuée par (Moffat et Schiler, 1981), ils décrivent qu'un arbre évapore environ 100 gallons dans un jour ensoleillé d'été et consomme 660000 unités thermique britannique de l'énergie et donne un effet refroidisseur extérieur égal à un refroidissement produit par cinq climatiseurs chacun de capacité de 10000 unités.

**III-5 : L'effet de la densité du palmier sur les paramètres climatiques :****III-5-1 :La densité de peuplement :**

"La densité de peuplement est une mesure quantitative du couvert forestier sur une superficie donnée. Elle s'exprime en fonction de la biomasse, de la fermeture du couvert, du nombre d'arbres, de la surface verte, ou du volume par hectare. Par exemple, une forêt est dite dense ou fermée si les arbres (ou mieux la projection des cimes sur le sol) sont jointifs ou occupent plus des deux tiers de la surface ; claire ou ouverte si les arbres occupent entre deux tiers et un quart de la surface" (encyclopedie universalis)

Dans le cas du palmier dattier, on a généralement des variantes de plantations (voir fig 3-3) 5x5,...8x8,10x10,...,la densité de peuplement se réfère à la notion de compétition entre les arbres c'est-à-dire, à la demande exercée par deux ou plusieurs organismes pour une ressource commune. Dans un milieu où ces ressources sont réellement ou potentiellement limitées, fonctionnellement la compétition ne fait pas seulement intervenir la distance de tronc à tronc, elle concerne l'accès aux ressources telles que l'eau, les substances nutritives et la lumière, ce qui induit une participation des parties aérienne et souterraine de l'arbre dans ce processus (Ung ,1997). La largeur du houppier et sa hauteur jouent donc un rôle important sur la compétition, Ainsi la totalité de l'espace dans lequel l'arbre pousse est un déterminant important du taux de croissance. L'espacement entre les arbres et la végétation environnante définit le degré de compétition pour les éléments critiques de croissance tels que les nutriments, l'eau et le soleil.



**Figure n°3-3:** La palmeraie

Source: Encartat 2006

### III-5-2 : Effet de la densité de peuplement sur le cycle végétatif :

Quand le peuplement est dense, l'arbre entre en compétition pour les éléments nécessaires à sa croissance, à mesure que la compétition augmente pour ces éléments, la croissance des arbres diminue dans toute la parcelle. Un espacement large des arbres favorise donc une croissance rapide tandis que les peuplements trop denses ont tendance à produire des arbres plus petits (Zobel et Van Buijtenen )<sup>14</sup>

La densité de peuplement est une notion dynamique. Les arbres dans une parcelle croissent plus ou moins vite en raison de la compétition. Cette densité est modifiée au cours des années par la mort naturelle de certains arbres ou artificiellement par l'action de l'homme.

Parmi les inconvénients de la densité de peuplement, on cite:

- une densité trop élevée (les arbres sont trop proches l'un de l'autre) : besoin de taille excessif, déséquilibre des arbres, gestion phyto difficile
- une densité trop lâche (les arbres sont trop éloignés l'un de l'autre) : tendance à ne pas tailler, arbre volumineux, récolte ingérable, surface mal optimisée.

Cette notion de densité de plantation optimale va dépendre donc de l'espèce et de sa variété.

### III-5-3 : L'effet de la densité du palmier sur le rayonnement solaire :

Le palmier dattier est utilisé dans les régions désertiques comme un parasol afin de protéger les espèces végétales au dessous de lui de l'agressivité atmosphérique tel que les rayons solaires, et de créer des conditions favorables pour leur vie.

La présence de végétation dense formant plusieurs strates et interceptant tout rayon lumineux, comme c'est le cas dans l'oasis traditionnelle. L'énergie solaire qui arrive au sol va dépendre de l'indice foliaire ou (LAI)<sup>15</sup> suivant une loi d'absorption, classique en physique, de la forme :

---

<sup>14</sup> Alteyrac.J, 2005, Influence de la densité de peuplement et de la hauteur d'arbre sur les propriétés physico-mécaniques du bois d'épinette noire, thèse de Doctorat, faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval.

<sup>15</sup> -Indice foliaire ou surface de feuilles par unité de surface horizontale et défini comme tout surface recto de tissu de feuille par superficie d'unité au sol. Elle est le paramètre principal qui peut influencer dedans et au-dessous de la verrière microclimat, interception de l'eau de verrière, réduction de rayonnement, eau et gaz de carbone échange, et ainsi de suite.

$$t = \log(I/I_0) - K \cdot LAI$$

t = pourcentage de rayonnement transmis au sol

$I_0$  = l'énergie incidente

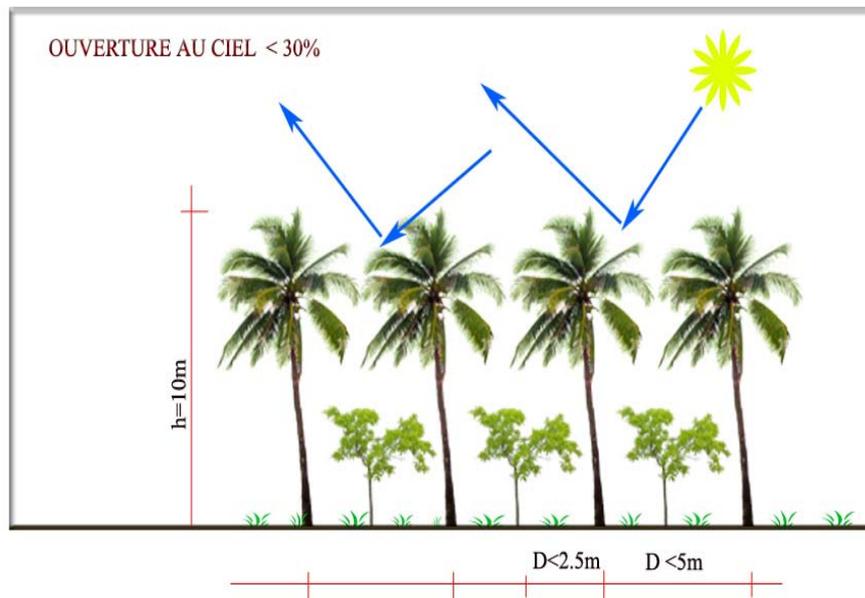
I = l'énergie transmise

k = « facteur d'extinction », caractérise le feuillage.

La forme de l'équation montre que I diminue très vite quand LAI augmente ; par exemple, si  $t = 0,6$  pour  $LAI = 1$ , on aura  $t = 0,13$  pour  $LAI = 4$ .

### III-5-3-1 : L'implantation trop serrée :

Le rapprochement des couronnes réduit le facteur SVF (inférieur à 30%), et par conséquent le besoin de la lumière pour le développement végétal des étages inférieurs (voir fig 3-4) en plus de l'effet nuisible sur la qualité d'air en bloquant l'échange d'air vertical cela concorde avec les résultats relatifs au projet BUGS (Michael Bruse et autres) qui montre qu'une couverture dense d'arbres est bénéfique pour le confort thermique humain, mais elle peut avoir un grand effet nuisible sur la qualité d'air en bloquant l'échange d'air vertical.



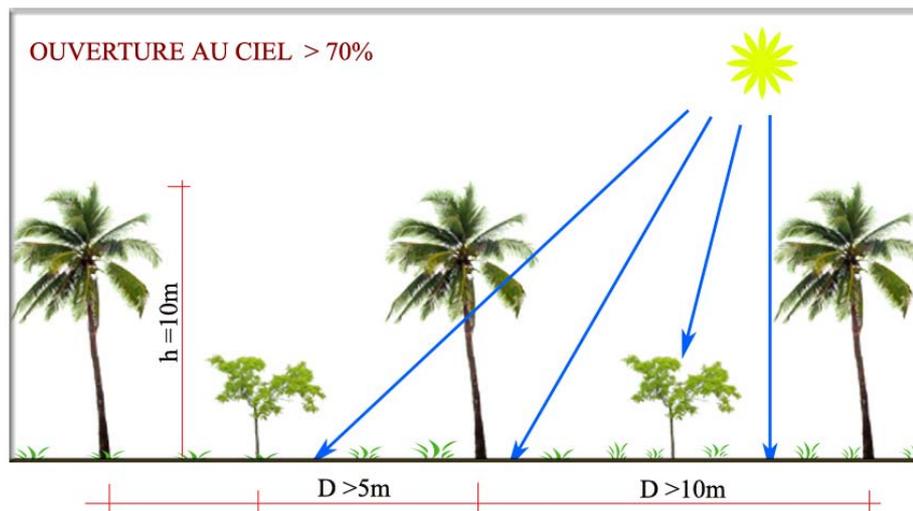
- Ombre dense
- Lumière non suffisante
- développement des bactéries
- l'interaction des racines

**Figure n°3-4:** Résultat de rapprochement des palmiers

Source : L'Auteur

### III-5-3-2 : L'implantation trop espacée :

Un écartement plus grand entre les palmiers (voir fig 3-5) augmentation du facteur SVF (plus de 70%) engendre une grande surface ensoleillée et par conséquent un éclairage très élevé qui dépasse 20000 lux, ce qui influe directement sur la vie végétale des étages inférieurs et accélère la sécheresse du sol.



- Absence d'ombre
- éclairage très élevé
- évaporation de l'eau
- sécheresse du sol

Figure n°3-5 : Résultat d'espacement entre les palmiers

Source : L'Auteur

### III-5-4 : Effet de la densité du palmier sur le vent :

Cette réduction de vitesse de vent a comme conséquence beaucoup d'avantages.

La quantité de réduction de vitesse du vent et le secteur affecté dépendent de la taille, de la densité, la largeur, et de la forme du brise vent. La continuité du brise vent est importante.

Les trous ou les lacunes dans le brise vent peuvent avoir d'autres conséquences.

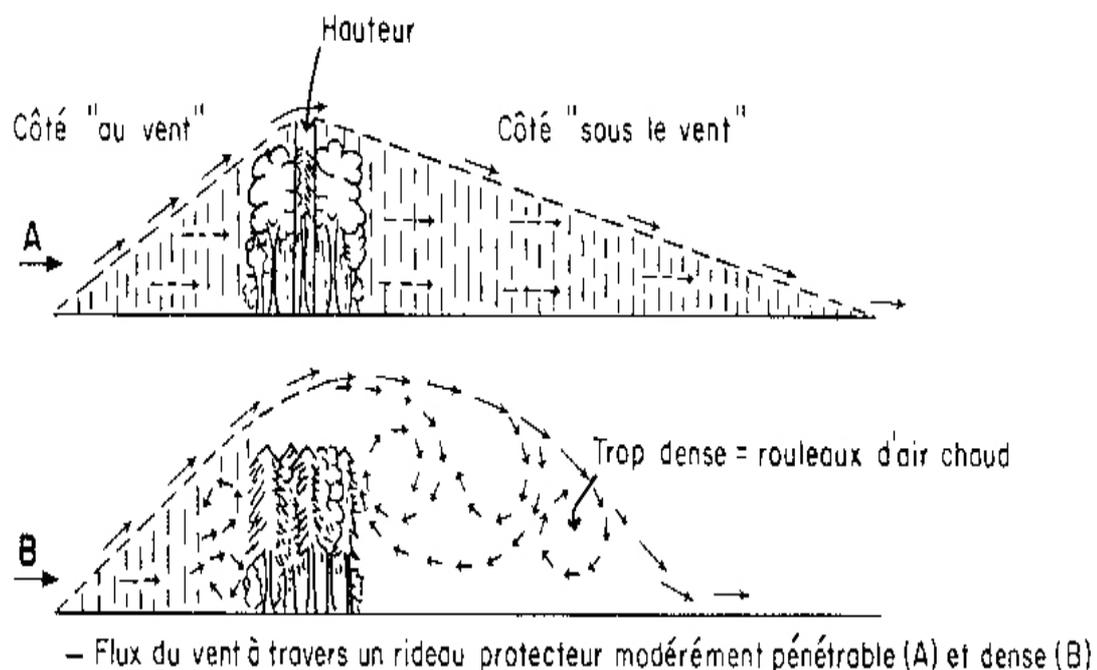
La taille de brise vent (H) est le facteur le plus important utilisé pour déterminer la distance arrière protégée.

Une implantation très dense se traduit par une forte rugosité, Cionco (1965) a proposé dans ce cas, une formulation de la vitesse horizontale du vent  $U_z$  en fonction du niveau  $Z$ , de la forme :  $U_z = u_h \exp [-a (1 - Z/h)]$  où  $h$  est la hauteur des arbres et  $a$  un coefficient d'extinction variant de 0,4 pour des arbres dispersés à 3 pour des éléments souples à forte densité comme une culture de blé.

- **Cas d'un brise-vent**

Le brise-vent a un double rôle en ralentissant la vitesse du vent, on aboutit d'une part à une réduction de l'évaporation, et d'autre part à arrêter l'érosion éolienne. L'action de réduire 20 % de la vitesse du vent s'étend sur dix à douze fois la hauteur du brise-vent en aval et en amont.

Une faible perméabilité du brise-vent provoque une plus grande réduction de vitesse, mais sur une largeur protégée plus faible. D'après Heusch (1988), si on réduit trop la vitesse du vent (plantation trop dense), la température s'élève et les plantes grillent le long du brise-vent (fig 3-6).



**Figure n°3-6:** Influence d'un brise-vent sur le vent

Source : Combeau 1977

EL.Amami<sup>16</sup>, étudiant le microclimat de deux types d'oasis de la région de Kebili en (Tunisie), a mesuré les vitesses du vent à plusieurs niveaux dans une oasis traditionnelle (Jemna) à forte densité de végétation (palmiers, petits arbres fruitiers, végétation basse) et dans une oasis industrielle ayant des palmiers plus vieux et plus élevés (17 m au lieu de

<sup>16</sup> EL AMAMI, Salah et Labreche, J.C., 1973, *climats et micro climats des oasis de Gabes comparés à l'environnement désertique*. Annale de L'I.N.R.A.T., 41, 20.

10m), avec un écartement des arbres plus important que dans l'oasis traditionnelle (12 m au lieu de 8 m), sans végétation à l'étage inférieur.

A Jemna, le profil du vent, correspond bien au modèle de Cionco, avec  $a = 1,8$ .

Pour l'oasis moderne, un anémomètre mettait en évidence une réduction nette de la vitesse du vent au niveau des palmes qui est inférieure aux vitesses mesurées plus près du sol. Ces dernières correspondent à peu près à un facteur  $a$  de 0,55. Ces deux valeurs séparent bien les deux milieux. En adoptant ces valeurs, on voit que pour un vent au sommet de l'oasis de 6m/s, on a, à 2 m d'altitude, un vent de 1,42 m/s à Jemna(oasis dense) pour une vitesse de 3,86 m/s dans l'oasis de la STIL (Société Tunisienne d'industrie Laitière, société possédant des palmeraies industrielles)

#### **III-5-4-1 : L'effet de vent sur l'évaporation**

La réduction du vent permet de prévoir une diminution notable de l'évaporation quand il y a une forte advection (supplément d'énergie apportée par l'air chaud et sec vers les surfaces humides plus froides). En effet, cette réduction est moins forte qu'on a pu le penser, et elle est même souvent difficile à mettre en évidence. En revanche, la diminution de la turbulence sans diminution importante des flux peut entraîner un ralentissement de la dissipation de la chaleur (le jour) ou du froid (la nuit), et amener des températures plus élevées le jour et plus basses la nuit (et donc une amplitude thermique plus forte) dans la zone abritée que dans la zone ouverte (supposée ici également humide et de même rugosité)<sup>17</sup>. L'étude de EL.Amami a montré à quel point le vent intervenait dans les mesures, en homogénéisant l'humidité, comme le montre le tableau (tab 3-2), on voit ainsi que l'effet d'abri contre le vent compense en partie l'effet d'oasis qui tend lui à abaisser les températures dans la journée (tab 3-3).

---

<sup>17</sup> RIOU .C,1990,*Bioclimatologie des oasis* , Options Méditerranéennes ,Série A /I 1, , *Les systems agricoles asiennes*,France.

**Tableau n°3-2 : Humidité relative (%) dans oasis&désert**

	Moyenne Nuits		Moyenne jours	
	sans vent	avec vent	sans vent	avec vent
Jemna (dense)	65	57	38	45
STIL-Kébili (faible densité)	60	53	27	42
Désert	48	54	26	41

A travers la réduction de la vitesse du vent, on voit nettement apparaître le rôle de la structure de l'oasis, plus ou moins ouverte à l'influence extérieure.

### III-5-5 : Effet de la densité du palmier sur la température de l'air

Des mesures de température sous-abri effectuées dans l'oasis et sur le désert environnant. sont résumées dans le tableau ci dessous:

**Tableau n°3-3 : Mesure des températures dans les oasis**

Sources: (1) C. Baldy (1987)----(2) A. Amami (1983)----(3) G. Shiller, R. Karschon (1974)

(4) S. El Amami, J.C. Laberche (1973)

Noms	Caractères	Températures
		(comparaison désert - oasis)
Jemna (1)	oasis traditionnelle dense	maximum plus faibles dans l'oasis (minimum identique écart extrême - 2,8 °C )
Bou Chemma (4)	oasis traditionnelle moyennement dense	maximum un peu plus élevés dans l'oasis (minimum un peu plus faibles écarts extrêmes + 1,5C, - 2°C)
Ksar Ghilane (1)	petite oasis, moyennement dense	maximum plus élevés dans l'oasis minimum plus faibles ( les écarts peuvent atteindre + 1 °C)
STIL-Kébili (2)	oasis a faible densité palmiers seuls	températures proches dans l'oasis et hors oasis (maximum un peu plus faibles, minimum un peu plus élevés)
Negev (3)	oasis d'eucalyptus faible densité	températures identiques

### **III-6 : L'effet de la densité végétation sur l'utilisation d'énergie**

Les plantes connaissent depuis toujours l'art de capter l'énergie et de l'utiliser de manière optimale, cet art s'appelle la photosynthèse. Les arbres peuvent être employés avec succès pour atténuer la chaleur, ils réduisent les températures en ombrageant des surfaces, absorbe la chaleur par l'évaporation, et contrôlent le mouvement d'air transporteur de la chaleur.

Les effets d'ombrager par des arbres ont été étudiés par Rosenfeild, et aussi démontrés par Akbari, ils ont constaté une baisse dans l'utilisation d'énergie pour la climatisation dans deux maisons quand les arbres (d'une hauteur varie entre 2-6m) sont placés devant les murs orientés sud-ouest et au sud. L'économie absolue était environ 4-5 kWh/jour au cours de la saison d'été pour chacune des maisons, la puissance maximale pour l'usage de climatisation a été réduite de 0.6-0.8kW, représentant une économie de 27% à 42% d'électricité.

#### **III-6-1 : Conservation d'énergie**

Les arbres se sont appelés " basse technologie " solution à la conservation d'énergie. L'ombre des arbres réduit le besoin de climatisation en été selon sa densité (fig 3-17). Les études ont prouvé que des parties des villes sans refroidissement par l'ombre des arbres peuvent être " îlot de la chaleur".

Beaucoup d'études ont calculé les économies d'énergie induites par les plantes, et en plus la réduction des émissions du carbone. Dans une série d'études mentionnées par (Brack, 2002) lorsqu'on plante des arbres d'ombrage dans les centres urbains, on économise en moyenne (0,5782 \$US) en énergie par mètre carré de couvert forestier par an.

D'autres études ont démontré d'importantes économies d'énergie sur le plan du refroidissement et du chauffage des édifices (Rosenfeild et al, 1998, Akbari, 2002).

Les arbres font de l'ombre et réduisent la quantité de rayons solaires qui touchent l'immeuble, réduisant du même les besoins en énergie pour la climatisation de cet édifice.

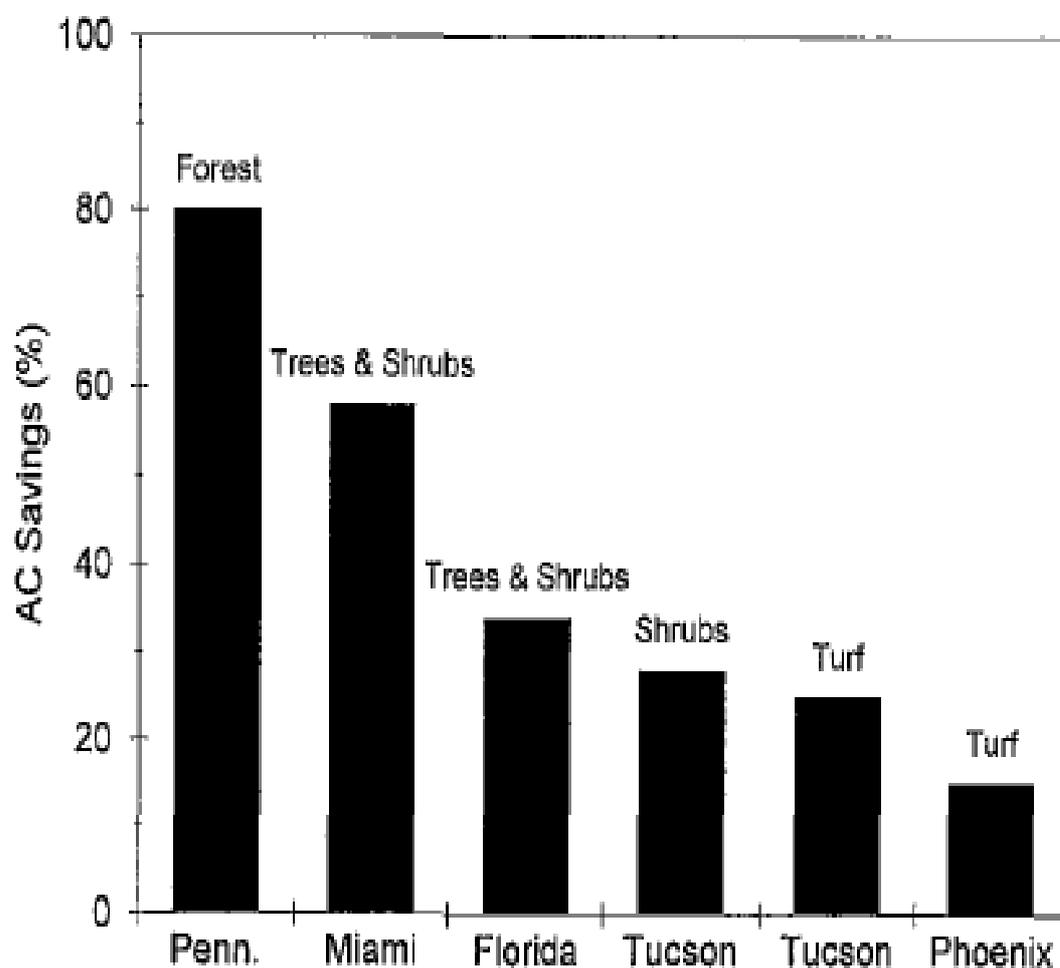
La solution qui s'impose pour lutter contre les îlots de chaleur urbain consiste à planter des arbres et des arbustes, qui présentent un double avantage, en premier lieu, ils font de l'ombre et en deuxième lieu à l'instar de la plupart des végétaux absorbent l'eau souterraine, et l'eau s'évapore ensuite par des feuilles, ce qui refroidit l'air ambiant. Un seul arbre correctement arrosé peut émettre 40 gallons d'eau par évapotranspiration par jour, neutralisant ainsi l'équivalent calorifique produit par une centaine d'ampoules de 100 watts allumées huit heures par jour (Rosenfeild et al., 1997). La réduction de la température est en

relation avec la densité végétale et selon les données mentionnées (tab 3-4), on observe l'effet important de la masse végétale par rapport au terrain nu, par exemple une forêt a un effet sur la réduction de la consommation énergétique plus élevée qu'un simple groupement d'arbres (graphe 3-1 )

**Tableau n°3-4** : Effets de la végétation sur les températures de l'air

Sources : Maco et McPherson, 2003

Nature de la végétation	Par rapport à :	Températures de l'air
Bosquets d'arbres	Terrain nu	Inférieures à 9 °F (5 °C)
Champs agricoles irrigués		Inférieures à 6 °F (3 °C)
Banlieue plantée d'arbres	Nouvelle banlieue sans arbres	Inférieures à 4 à 6 °F (2 à 3 °C)
Terrain de sport gazonné		

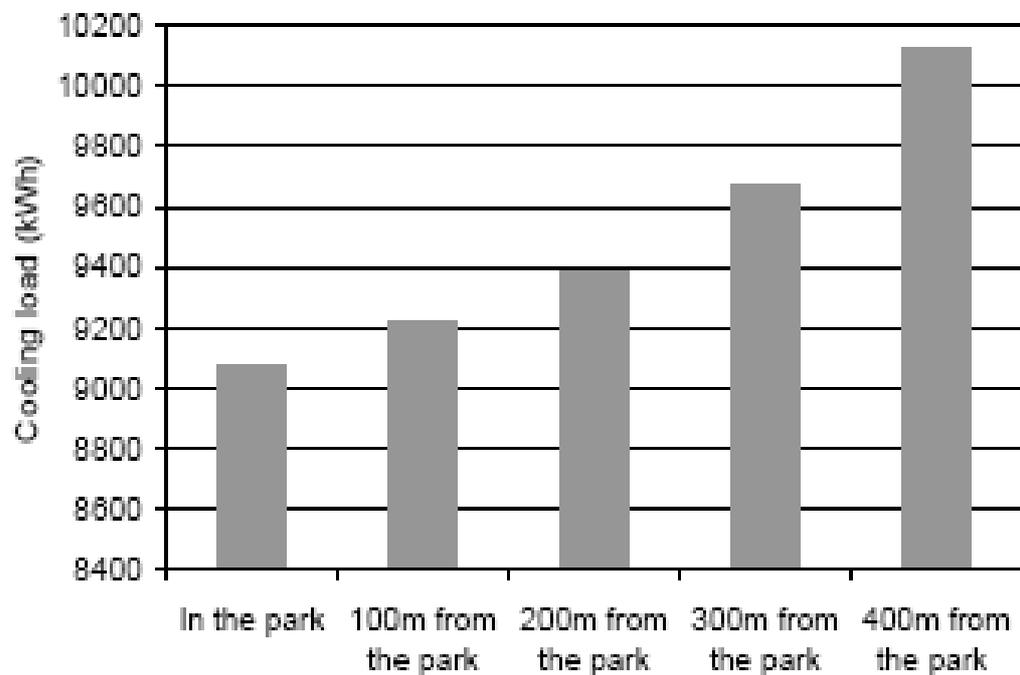


**Grphe n° 3-1:**L'épargne de la consommation de l'électricité par la végétation

Source: E. Gregory McPherson ET Rowan A. Rowntree

Les secteurs végétaux denses influent sur les paramètres climatiques des espaces environnants comme ils réduisent le rayonnement, la température, la vitesse de vent. Cette réduction de la conservation de l'énergie varie dans l'espace et dépend de la position par rapport à la masse végétale (graphe 3-2). Un emplacement au centre du couvert végétal a plus d'intérêt que ceux qui se trouvent à une distance plus éloignée.

	cooling load (kWh)	Energy savings (compared with 400m)
In the park	9077	10%
100m from the park	9219	9%
200m from the park	9383	7%
300m from the park	9672	4%
400m from the park	10123	0%



**Grappe n°3-2:** Comparaison des charges de refroidissement par rapport à l'éloignement du parc.

Source : Wong Nyuk Hien et Chen Yu

### III-7 : Etudes expérimentales sur l'effet thermique des secteurs verts denses

Beaucoup d'études expérimentales réalisées sur l'effet thermique du couvert végétal dans les milieux urbains, mais rares ceux qui ont abordé le sujet dans les environnements ruraux et un climat assez chaud et sec identique au notre. Nous allons citer que ceux qui ont un rapport avec notre recherche sur la comparaison des facteurs climatiques entre l'intérieur et à l'extérieur d'un couvert végétal dense dans différentes régions géographiques et climatiques (tab 3-5)

Des mesures effectuées avec diverses manières afin d'éclaircir l'effet des secteurs verts denses sur la température, l'humidité de l'air, mais sans attribuer leur apport à l'utilisation de la climatisation.

- Wilmers a démontré que seulement les grands secteurs verts ont des effets mesurables sur les environnements, et se font sentir à des distances plus grandes (de 100 à 500 m) que ceux liés à des aires plus petites.<sup>18</sup>
- Landsberg a trouvé qu'un grand parc homogène a entièrement une influence mesurable. Dans des nuits chaudes d'été, les parcs sont frais, même dans un secteur bâti dense.<sup>19</sup>
- Meier's a mesuré le changement d'utilisation de l'électricité pour la climatisation d'une maison mobile déplacée depuis un terrain nu à un emplacement dans la forêt, il y avait une réduction de 80% d'utilisation de l'électricité par rapport au premier emplacement.<sup>20</sup>
- Saito a constaté que la différence de température à 15:00h entre un parc (150x150m) et ses abords était d'environ -2.5 °C, et cet effet de refroidissement se prolonge seulement pour une distance de 20m en dehors du parc.<sup>21</sup>
- Jauregui a mesuré la température de l'air dans un grand parc (500 ha) à Mexico composé de: fontaines, lacs artificiels, arbres, aussi bien que des musées et cours de jeu, pendant la période la plus chaude de la journée, la température enregistrée à l'intérieur du parc est inférieure de 2à3 °C que les secteurs adjacents et l'effet de refroidissement s'est prolongé à environ 2km de la frontière du parc

<sup>18</sup> Wilmers, F., 1991, *Effects of vegetation on urban climate and buildings*, energy and buildings, 15-16, p 507-514.

<sup>19</sup> Landsberg, H., 1981, *The urban climate. International geophysics series*, ed, W.L. Donn. Vol. 28: Academic Press. 275.

<sup>20</sup> Meier, A.K., 1991, *strategic landscaping and air-conditioning savings* - a literature-review. Energy and buildings, 15(3-4): p. 479-486.

<sup>21</sup> Saito, I., O. Ishihara, and T. Katayama, 1991, *Study of the effect of greenareas on the thermal environment in an urban area*. energy and buildings, 15-16: p 493-498

**Tableau n°3-5:** Etudes expérimentales sur l'effet thermique des secteurs verts denses  
Source : l'auteur

Sujet de la recherche	Source	Hauteur	Lieu et date de la recherche	Objectif de la recherche	Instrument et méthode de mesure	Résultats	Commentaire
THE OASIS EFFECT IN AN EXTREMELY HOT AND ARID CLIMATE: THE CASE OF SOUTHERN PALESTINE	Journal of Arid Environments, 72, 1721–733,(2008)	-O. Potchter -D. Goldman -D. Kadish -D. Iluz	Oasis d'arava (Palestine)  Les observations ont été effectuées pendant trois étés: 2004-2005-2006	a)déterminer l'existence de l'effet d'oasis et son comportement journalier b) examiner l'influence des variables climatiques sur la dynamique de l'effet oasis c) étudier l'effet de la typologie végétales : (arbres de désert, plantations de paume, arbres subtropicaux) sur le développement et la dynamique de l'effet oasis	-cinq stations implantées dans différents espaces verts dans le désert -instrument de mesures: Campbell MP45C Young 05103 pyranometer Kipp & Zonen CM11 radiomètre -Les sondes de rayonnement ont été placées horizontalement sur un mât à une hauteur de 2m, dans la station de désert et sous l'arbre -les données sont enregistrées chaque seconde	Le plus grand effet a été prononcé par la végétation subtropicale (jusqu'à -4 °C), pendant la journée, les arbres de jardin ont causé un refroidissement plus faible de -2 °C, alors que les arbres locaux de désert avaient un effet de surchauffe jusqu'à +1°C	- climat chaud et sec - période des mesures mois de juillet - environnement rural
MESURES DES FACTEURS MICROCLIMATIQUES A L'INTERIEUR DE L'OASIS : INTERCEPTION ET PARTAGE DU RAYONNEMENT SOLAIRE	Renewable Energy, vol 13, no1, pp. 67-76 (13 ref.). 1998. Elsevier Science. Oxford, ROYAUME-UNI	- Mohamed Habib Sellami - Mohamed Salah Sifaoui	Oasis de Tozeur (Tunisie) 20 Sept ;7 Nov 1995	-prévoir la distribution verticale du rayonnement global, du rayonnement net et des profils verticaux des variables (température, humidité et la vitesse du vent) a l'intérieur de l'oasis	-Installation a l'intérieur du terrain expérimental d'un mât de taille de 12 m divisé en trois niveaux 12m-5m-2m, chaque niveau contient une tige de 2 m de longueur qui contient d'instrument de mesure pyradiometer (Minor MKII), pyranometer , a cup anemometer, (HMP36), (HMP35), les données sont enregistrées chaque dix secondes	-les mesures sont effectuées seulement a l'intérieur de l'oasis -de 10.00h à 14.00h Les températures enregistrées au niveau de 2 m sont très élevées qu'à 12m presque une différence de 4 °C -la vitesse du vent a 12 m est plus forte qu'à 2m	- climat aride - seulement pendant le jour du mois d'octobre -profil verticale paramètre climatiques -Densité du palmier 80palmier/ha -Espacement environ 8m - Aucune mesure faite à l'extérieur de la palmeraie - environnement rural

L'EFFET THERMIQUE DES SECTEURS VERTS	Baruch Givoni, passive and low energy coolig of building, john wily & sons, Inc	Givoni	Parc Benyamin à Haïfa (Palestine) d'une taille de 0.5 hectare  -Les observations ont été effectuées pendant quatre jours successifs pendant l'été (juillet 1972)	-L'objectif principal de l'étude était de voir s'il y a une différence de la température entre l'intérieur du parc et les secteurs environnante, et comment l'effet de parcs se prolonge	Prélèvent des mesures à l'aide d'un psychromètre (sec et mouillé) sur six stations: -Les stations 1 et 2 étaient dans la rue à l'ouest du parc, aux distances de 15 - 150 m -Les stations 3 et 4 étaient dans le parc et les stations 5 et 6 étaient dans la rue à l'est du parc, aux distances de 15 - 150m	température de l'air est inférieure à 2.7F et se prolonge a une distance de 150m en dehors du parc	La végétation du parc s'est composée de grands arbres d'olive et de pin et des arbustes, avec les fleurs et l'herbe entre elles, et plusieurs petits terrains de jeux -- environnement urbain
L'EFFET THERMIQUE DES SECTEURS VERTS	Baruch Givoni, passive and low energy coolig of building, john wily & sons, Inc	Taha et autres.	un verger d'une taille de 307m x150m à Californie- USA  Les observations ont été effectuées pendant deux semaines du mois d'octobre 1986).		Des mesures ont été rapportées pour trois stations dans le verger et les deux stations dans terrain ouvert nordique et méridional (derrière la bande des arbres). Les vitesses du vent ont été mesurées à une hauteur de 1.5 m.	- les températures de journée sont inférieures de celle dans l'espace nu -4.5à-6°C, tandis que les températures de nuit étaient 1-2°C plus haut - La vitesse du vent à l'intérieur du parc est réduite presque 55%	-climat tempéré - La verrière couvre environ 30% du sol - environnement rural

<p>COMPORTEMENT CLIMATIQUE DE DIVERS PARCS URBAINS PENDANT L'ETE CHAUD ET HUMIDE</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oded Potchter</li> <li>- Pninit Cohen</li> <li>- Arieh Bitan</li> </ul>	<p>trois types différents de parcs urbains à Palestine</p>	<p>Le but de cette étude est d'examiner le comportement climatique des parcs urbains avec différentes densités d'arbres pendant l'été, et pour étudier l'influence du type de conception de parc sur les paramètres climatiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deux stations météorologiques implantées dans chaque parc, une au centre et la seconde dans le secteur environnant.</li> <li>-Les facteurs mesurés la température, le rayonnement, l'humidité relative à une hauteur de 2 m et la vitesse du vent à une hauteur de 3m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Un parc constitue de hauts arbres, et une verrière large réduit les températures de l'air jusqu'à -3.5°C et augmente ainsi les valeurs d'humidité relative de l'air.</li> <li>-Un parc constitue des arbres denses et moyens peut également réduire les températures de l'air pendant la journée jusqu'à -2.5 °C Cependant, pendant la nuit il peut créer des conditions climatiques inconfortables dû à la réduction de la vitesse du vent et l'augmentation de l'humidité relative.</li> <li>-Un parc couvert d'herbe peut être plus chaud et parfois plus humide que le secteur environnant pendant le jour</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- climat chaud et humide</li> <li>- environnement urbain</li> </ul>
<p>L'INFLUENCE DES SECTEURS VERTS SUR LES TEMPERATURES NOCTURNE DANS HAUT LATITUDE</p>		<p>Hillevi Upmanis Ingegård Eliasson Sven Lindqvist</p>	<p>trois parcs urbains à la ville de Göteborg, Sud-Ouest de la Suède</p>		<p>-Les mesures ont été faites par des stations mobiles et fixes</p>	<p>-La différence de la température maximale trouvée entre un parc et un secteur environnant était 5.9 °C en (été), et la prolongation de la fraîcheur du parc dans l'espace environnant était plus de 1100 m de la frontière et de parc dépend selon la taille du parc</p>	<p>- environnement urbain</p>

OBSERVATIONS AU SUJET DES PHÉNOMÈNES D'ILOT DE FRAICHEUR EN PARC URBAIN		Ken-ichi NaritaTakehiko Mikami, Tsuyoshi Honjo, Hirofumi Sugawara, Keiji Kimura Naoya Kuwata	Parc urbain shinjyuku Gyoen au japon d'une taille de 58.3S ha	Montrer les résultats des observations micro-climatologiques pendant l'été. A l'intérieur et autour du grand parc	La température de l'air a été mesurée à intervalles d'une minute à 88 points comprenant des mesures en trois lignes croisée dans le parc Afin d'attraper l'infiltration de l'air frais les anémomètres, thermomètres ultrasoniques dimensionnels étaient placés le long de la frontière aussi bien qu'au secteur central de pelouse. La hauteur de mesure est environ 1.5m au-dessus du sol et la fréquence de prélèvement est 10Hz	L'intensité est plus grande dans la forêt pendant la journée, mais plus grande dans la surface de pelouse pendant la nuit En état venteux de journée, la masse d'air froid de l'espace vert a refroidi secteur environnant sous le vent jusqu'à 250m de la frontière du parc	- environnement urbain
UNE ETUDE PRELIMINAIRE SUR L'INTENSITE LOCALE DE L'ILOT DE FRAICHEUR DES PARCS		Chi-RU Chang, Li Ming-Huang, Shyh-Doyen	61 parcs dans la ville de Taïpeh-chine	une étude qui vise à: - concevoir une méthode pour détecter et comparer les intensités locales de l'îlot de fraîcheur de divers parcs urbains - vérifiant que cette intensité locale de l'îlot de fraîcheur diffère parmi les parcs - déterminant si cette intensité locale de l'îlot de fraîcheur est liée aux caractéristiques du parc		les parcs varient dans leur intensité locale d'îlot de fraîcheur et cette intensité peut être liée aux caractéristiques du parc, Avant que d'autres détails au sujet de meilleures approches de planification et de conception pour atténuer les îlots de chaleur urbaine	- Climat subtropical humide - environnement urbain

<p>LES TEMPERATURES PREVUES D'UNE PELOUSE IRRIGUEE EXPOSEE AU SOLEIL</p>		<p>Baruch Givoni Hadas Saaroni</p>	<p>Begin le plus grand parc urbain à Palestine situe a 3 km de la mer d'une taille de 100 ha</p> <p>Les observations ont été effectuées pendant cinq jours 17 mai, 1 juin 2000, 24 mai 2001, 24 juin 2001</p>	<p>Le but de cette étude c'est le rapport entre les deux processus :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- surchauffe due au rayonnement du soleil.</li> <li>- refroidissement dû à l'évapotranspiration et leur effet sur la température de pelouse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Des stations ont été placées a l'intérieur de parc afin de mesurer, la température, l'humidité relative et la direction et vitesse du vent</li> <li>L'intervalle d'enregistrement des mesures est de 5 minutes.</li> <li>-Le rayonnement solaire sur une surface horizontale est mesuré chaque 30 minute.</li> <li>-Les températures extérieures de pelouse ont été prises chaque heure, à l'aide d'une sonde thermique à distance.</li> <li>-Pendant les heures de dix mesures ont été prises chaque heure et la valeur moyenne a été stockée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-la température d'herbe (pelouse), pendant les heures de la journée était de manière significative au-dessus de la température de l'air ambiant, il signifie que le surchauffe par le soleil a de loin dépassé l'effet de refroidissement de l'évaporation des feuilles de l'herbe.</li> <li>-Pendant les heures de nuit la température d'herbe était au-dessous de la température de l'air, due au rayonnement de longue vague.</li> <li>Les résultats de l'étude suggèrent que, dans ce cas-ci, le surchauffe par le rayonnement solaire absorbé a un plus grand effet que le refroidissement produit par le processus d'évapotranspiration.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Le parc est constitue principalement de pelouse avec plusieurs secteurs d'arbres d'ombre</li> <li>- environnement urbain</li> </ul>
--------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LE REGIME THERMIQUE DES PARCS URBAINS DANS DEUX VILLES AVEC DIFFERENTS CLIMATS D'ETE	International Journal of Remote Sensing Volume: 19 Number: 11 Page: 2085 -- 2104	R. A. Spronken-Smith ; T. R. Oke	Deux parcs à Vancouver-Canada, et à Sacramento-USA		station fixe et des traversées mobiles (voiture et bicyclette) est employée pour caractériser l'importance de l'effet de fraîcheur du parc (PCI).	les plus grand PCI sont possible à Sacramento où l'espace vert irrigué peut être refroidisseur de -5à-7 °C particulièrement l'ampleur de l'irrigation et la présence des arbres, sont importantes dans le développement de PCI L'influence des parcs sur les températures de l'air semble être limitée à une distance d'environ une largeur de parc	- climat tempéré - environnement urbain
CLIMAT PRES D'UNE SURFACE VEGETALE DU PARC URBAIN ET SES ENVIRONNEMENTS	Theoretical and Applied Climatology, Volume 89, Numbers 3-4, July 2007 , pp. 185-193(9)	Jansson, C.; Jansson, P.-E.; Gustafsson, D	parc à Stockholm, Suède Les observations ont été effectuées pendant trois jours d'été		les traversées mobiles à une hauteur de 2.47m de la surface végétale	Les différences de température de l'air entre le secteur environnant et le parc étaient dans la gamme de- 0.5à-0. 8 °C pendant le jour est atteint un maximum environ -2 °C au coucher du soleil	-Climat continental - environnement urbain
MODELER LA BALANCE DU REFROIDISSEMENT NOCTURNE EN PARCS URBAINS	Boundary-Layer Meteorology, 93 (2): 287-312, November 1999	R. A. Spronken-Smith & T. R. Oke		déterminer la contribution relative des procédés de transfert thermique au refroidissement nocturne des parcs urbains et les caractéristiques de la variation temporelle et spatiale de la température de surface	utilisant un modèle numérique d'observation	Pour le cas calme, la modélisation montre que SVF ( $\Psi_s$ ) et l'accès thermique ( $\mu$ ) Sont les propriétés appropriées régissant l'effet d'îlot de fraîcheur du parc (PCI)	- environnement urbain Le travail actuel, qui traite seulement la croissance de PCI, ne peut pas prévoir quel type de parc sera le plus frais la nuit la grandeur nocturne de PCI exigent la connaissance du PCI au coucher du soleil

DIFFERENTS RESULTATS AU SUJET DE L'EFFET D'OASIS	Journal of Arid Environments, Elsevier Science ,2004	Hadas Saaroni Arieh Bitan, Eyal Ben Dor, Noa eller	Désert de Negev Palestine Les observations ont été effectuées pendant quatre jours d'été (30 Juillet–2Aout, 2000)		Les mesures ont été conduites dans six stations météorologiques fixé et réglées vers le haut a l'intérieur et autour de la ferme les mesures sont comparé à l'image thermique ETM+(Landsat 7) pris en août 1999	Un PCI de -1.5 °C dans 91% des mesures,et la différence de température maximale enregistrée était -2.3 °C. dans 70% de les mesures, la différence entre les mesures d'humidité relative n'étaient pas plus de 6% et la différence maximum étaient 12.5%, a 04:00 <sup>h</sup> la température de l'air à l'intérieur de la ferme est élevée de+ 1°C par rapport a l'espace environnant	Le manque d'un effet d'oasis a midi peut résulter de la conception de la ferme et la chaleur produite par les activités dedans, La concentration des bâtiments et surfaces de béton et d'asphalte au milieu de la ferme peut créer une île de chaleur (Oke, 1987) - environnement rural
IMPACT DES PARCS URBAINS SUR LE MODELE CLIMATIQUE	PLEA2006	Claudia Martínez Graciela Lesino Carlos de Rosa Alicia Cantón	trois parcs - O'Higgins Parc: (9ha.) dense - San Vicente Parc: (18 ha.) ouvert (pelouse) -San Martín Parc(358 ha.): dense Ville de Mendoza- Argentine,2006	L'objectif de cet article est d'évaluer l'effet de refroidissement des secteurs verts et l'impact de ses différentes configurations sur les dispositifs climatiques de la ville	26 automatiques stations type: H08-003-02 pour enregistrer la température et humidité de l'air, placées a l'intérieur des trois parc et dans différents points dans la ville, les sondes ont été placées a une hauteur de 2.5m	les parcs évalués sont plus frais -2 à -5 °C que le centre de la ville pendant la nuit et le matin. Pendant la période de surchauffe, les parcs présentent les températures plus élevées qu'à la ville, excepté le parc de San Vicente Ce comportement peut être expliqué en raison de la forêt dense, dont le recouvrement des couronnes forme un tunnel dense qui bloque l'insolation intense	- <b>climat</b> continental semi- <b>aride</b> - environnement urbain -Le deuxième parc n'était pas plus humide que les autres parcs mais pendant les heures les plus chaud est frais cela montre que l'exposition au courant d'air est importante.

### III-8 : Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré l'importance de la densité végétale sur la formation du microclimat, et cela par sa capacité de réduire l'impact du soleil et du vent, ainsi son effet rafraîchissant de l'air par l'action de l'évapotranspiration. Cet effet est souvent recherché en vue de réduire le stress thermique durant la période estivale. En outre, beaucoup d'études ont mentionné la contribution de la végétation dans la réduction de la demande énergétique liée à la climatisation durant la période estivale.

La notion de la densité végétale s'exprime en fonction de la biomasse, de la fermeture du couvert, du nombre d'arbres, de la surface verte, ou du volume d'arbre par hectare. Elle se réfère à la notion de compétition entre les arbres pour une ressource commune telle que l'eau, les substances nutritives et la lumière.

Le palmier dattier est l'espèce végétale la plus ré pondue dans les zones chaudes et arides, on a généralement des variantes de plantations à base carrée : 5x5,...8x8, 10x10,..., avec cultures intercalaires. A la fin de ce chapitre, nous avons procédé à une comparaison entre plantation trop serrée et autre espacée, il ressort que la densité de plantation optimale de palmiers est de 8mx8m avec sous étage constitué d'arbres fruitiers et herbes, offrant un meilleure développement du couvert végétal et un microclimat agréable et plus sain.

Par ailleurs, l'examen de la documentation relative à notre sujet, nous montre que peu d'études avaient abordé l'effet rafraîchissant du couvert végétal dense dans un environnement chaud et sec comme le cas du sud algérien.

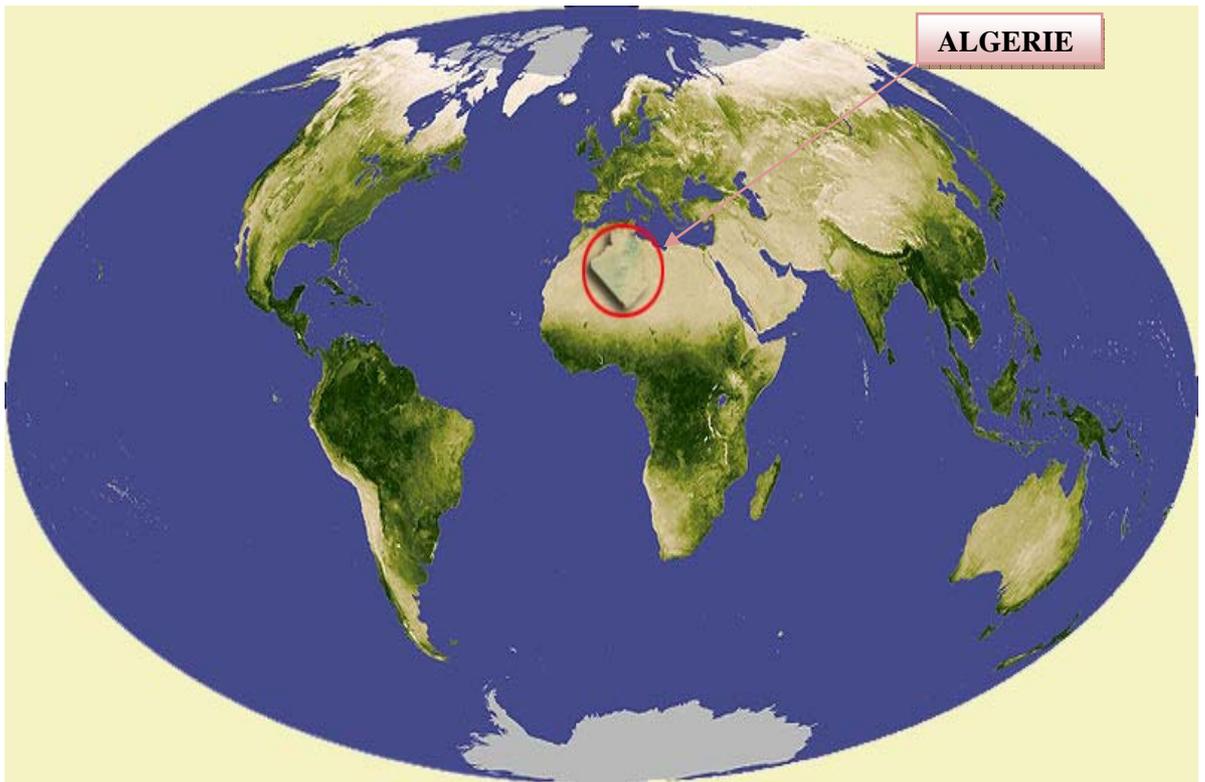
## CHAPITRE IV

### Investigation



**IV-1 : Introduction**

L'Algérie est le deuxième pays d'Afrique par sa superficie 2 381 741 km<sup>2</sup> (fig 4-1) dont les quatre cinquièmes sont occupés par le Sahara, elle comprend deux grands ensembles géographiques, les chaînes de l'Atlas, au nord, et le Sahara, au sud. Ces étendues lui confèrent une variété dans le paysage géographique et climatique.



**Figure n°4-1** : Situation de l'Algérie  
Source : Encarta, 2005

Le climat aride règne sur la majorité des villes algériennes caractérisée par un couvert végétal épars ou totalement absent. En période estivale, les villes sahariennes sont exposées à des vagues de chaleur parfois mortelle, et développent de plus en plus fréquemment certains problèmes comme la surconsommation énergétique due à la climatisation.

Au contraire l'architecture traditionnelle construite en harmonie avec la palmeraie a résisté longtemps. Actuellement, elle constitue un pôle touristique important qui attire chaque année des milliers de touristes.

## IV -2 : Climats en Algérie :

A cette vaste étendue territoriale correspond une diversité de zones climatiques qu'on peut classer en deux grandes catégories<sup>1</sup>:

### 1. Zones climatiques d'hiver : (voir figure n°4-2)

- La zone H1 subit l'influence de la proximité de la mer ;
- La zone H2 subit l'influence de l'altitude ;
- La zone H3 subit l'influence de la latitude ;

Ces trois zones sont classées en fonction de l'altitude en 07 sous zones comme suit :

- Sous zone H1a : littoral mer, altitude < 500m : Caractérisée par des hivers doux avec des amplitudes faibles.
- Sous zone H1b : arrière littoral montagne, altitude > 500m : caractérisée par des hivers plus froids et plus longs.
- Sous zone H2a : atlas tellien- montagne, 1000 < altitude < 1500m : caractérisée par des hivers froids et un écart de température diurne important.
- Sous zone H2b : atlas saharien montagne, altitude > 1500m : caractérisée par des hivers encore plus froids.
- Sous zone H3a : pré-sahara, 500m < altitude < 1000m : caractérisée par des hivers très froids la nuit par rapport au jour. Les écarts de température entre le jour et la nuit sont importants.
- Sous zone H3b : Sahara, 200m < altitude < 500m : caractérisée par des hivers moins froids que la zone H3a avec des écarts de température diurne.
- Sous zone H3c : Hoggar, altitude > 500m : caractérisée par des hivers très froids analogues à la zone H3a, mais qui persiste même durant la journée.

### 2. Zones climatiques d'été : (voir figure n°4-3)

Cinq zones déterminent les zones climatiques d'été :

- La zone E1 subit l'influence de la proximité de la mer ;
- La zone E2 subit l'influence de l'altitude ;
- La zone E3, E4 et E5 subissent l'influence de la latitude ;

---

<sup>1</sup> DIB, Michel Nadia, 1993, Recommandations *architecturales*, ENAG-Edition, Alger, p 9

Chaque zone a les caractéristiques suivantes :

- La zone E1, littoral : caractérisée par des étés chauds et moins humides. L'écart de température diurne est faible.
- La zone E2, hauts plateaux- montagne : caractérisée par des étés plus chauds et moins humides avec des écarts de température diurne importants.
- La zone E3, pré Sahara – tassili : caractérisée par des étés très chauds et secs mais moins pénibles qu'en zone E4.
- La zone E4, Sahara : caractérisée par des étés secs mais plus chauds et plus secs qu'en zone E3.
- La zone E5, tanegrouft : caractérisée par des étés chauds et secs et extrêmement pénibles par rapport aux zones E3 et E4.

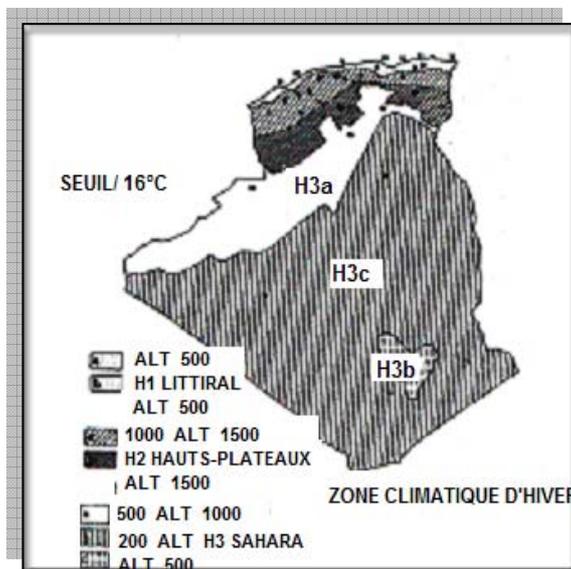


Figure n° 4-2: Les zones climatiques d'hiver.

Source : (ENAG, 1993)

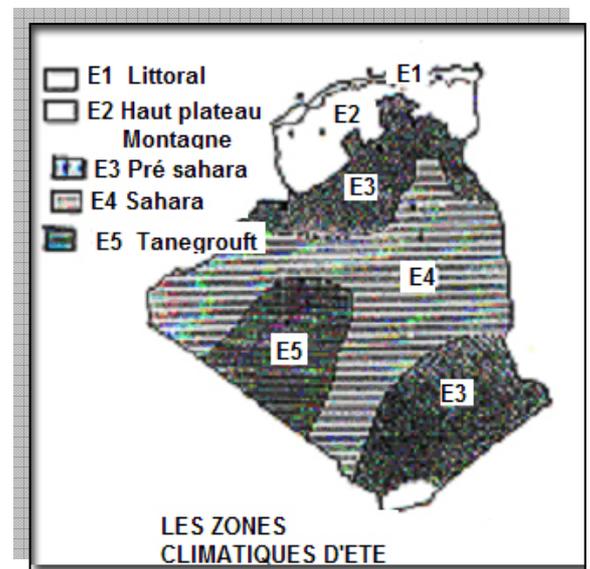


Figure n°4-3: Les zones climatiques d'été.  
Source : (ENAG, 1993)

### IV -3 : Analyse climatique de la ville de Biskra:

La ville de Biskra est située au Sud -Est de l'Algérie .Elle se trouve dans la partie nord du désert avec une latitude de  $34.8^{\circ}$ , longitude  $5.73^{\circ}$  Est, et une l'altitude de 87m (fig 4-4), sa superficie est de 21 509,80 km<sup>2</sup> avec une population estimée au 31/12/2005 à 735 921 habitants correspondant à une densité de 34 habitant/km<sup>2</sup>.

La situation géographique de la ville de Biskra constitue un facteur important dans son développement durant son histoire .Elle est la porte du désert, berceau des civilisations, des peuples avaient laissé des empreintes indélébiles, elle était connue sous le nom de "Vescéra" durant la civilisation Romaine, riche en eau, fait partie des grandes routes du Sahara et de la grande voie d'échange du commerce.

la ville vernaculaire est construite sur un terrain plat en harmonie avec la palmeraie.

D'après la classification zonale indiquée au début (p110-111), elle est située dans la zone climatique d'hiver H3a (fig 4-2) et la zone climatique d'été E3 (fig 4-3) possédant :

- un été très chaud et sec.
- un hiver très froid la nuit par rapport au jour. Les écarts de température entre le jour et la nuit sont importants.



Figure n°4-4 : Situation de la ville de Biskra

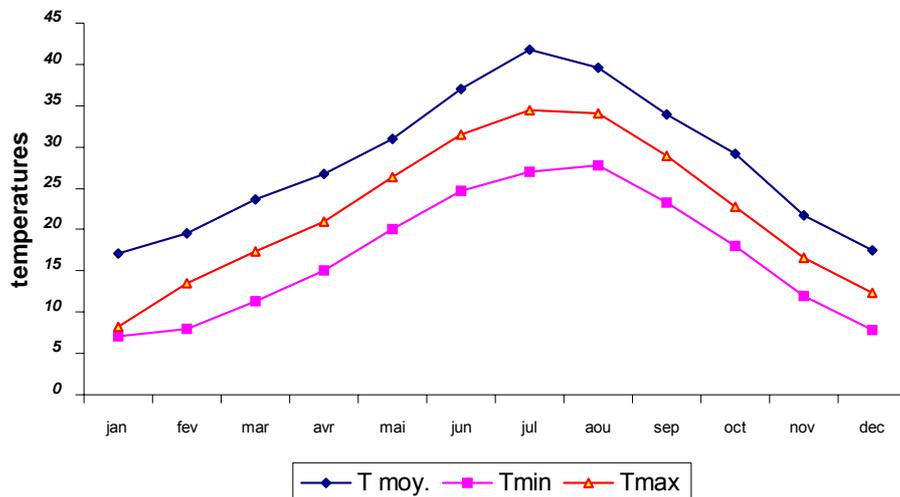
Source : Encarta, 2006

### IV -3-1 : La température de l'air :

C'est une grandeur physique qui indique le taux d'échauffement et de refroidissement de la surface de la terre.<sup>2</sup> Elle est définie comme étant « l'état atmosphérique de l'air du point de vue de son action sur nos organes : degré de froid ou de chaleur » (Larousse, 1986)

De ce fait, les régimes diurnes et nocturnes de la température de l'air dépendent des variations de la température de surface. (à savoir que les mêmes surfaces continentales et maritimes ne se comportent pas de la même manière sous les mêmes conditions de rayonnement solaire, les masses d'eau chauffent plus lentement que les masses de la terre)

La température de l'air varie avec le changement d'altitude.



**Graphes n°4-1:** Température de l'air extérieur. Période « 1997-2007»  
Source : données station météo Biskra (2007)

Les données climatiques de Biskra montrent que la température moyenne annuelle est de 22,25°C, avec un maximum de 34,40°C en juillet le mois le plus chaud et un minimum de 8,28°C en janvier le mois le plus froid.

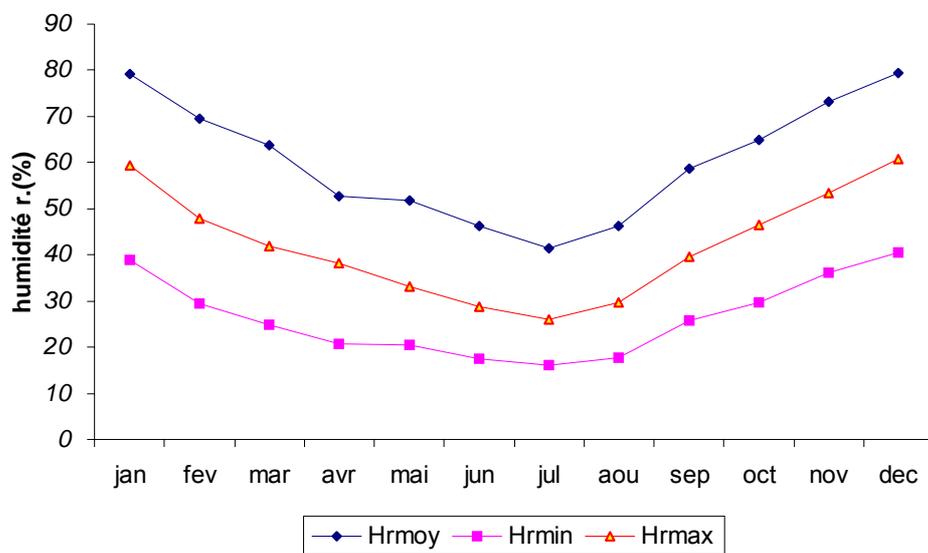
La courbe (fig 4-1) des températures moyennes mensuelles évolue d'une manière régulière avec des grandes amplitudes journalières. Une période très chaude et sèche qui s'étale du

<sup>2</sup> - Centre De Recherche En Architecture Et En Urbanisme (Crau) En Collaboration Avec L'université Des Nations Unies (UNU) : Village Solaire Intégré. Edition. OPU 1988, p.186

mois de juin au mois de septembre, et une autre plus longue caractérisée par le froid et l'humidité et qui s'étale du mois d'octobre au mois de mars.

#### IV -3-2 : L'humidité relative :

Indique une évaluation directe du pouvoir évaporant de l'air. Elle est l'expression en pourcentage du degré hygrométrique ce qui représente le rapport entre la quantité de vapeur d'eau dans l'air que l'air peut contenir pour la même température. (GIVONI, 1978)



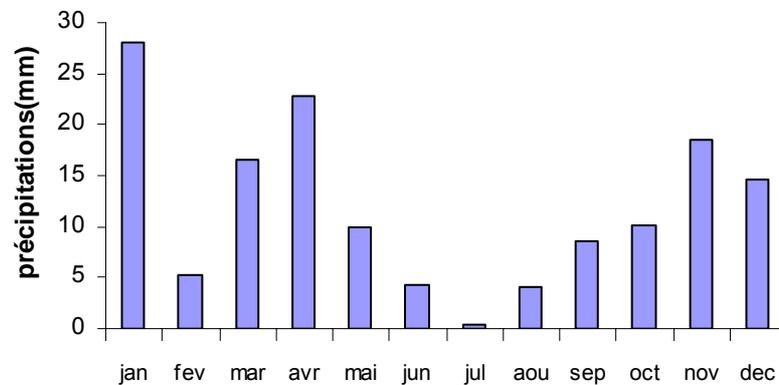
**Graphe n°4-2:** Humidité relative (%) période « 1997-2007»  
Source : données station météo Biskra (2007)

L'humidité relative moyenne enregistrée dans la période hivernale est de l'ordre de 40-60.8%, le taux le plus élevée est enregistré durant le mois de décembre. Par contre, pendant la période estivale, elle est inférieure à 40 % et le plus bas pourcentage 26 % est enregistré durant le mois de juillet, ce qui prouve que le climat de la ville de Biskra est humide et froid en hiver et assez sec et chaud en été.

### IV -3-3 : Précipitations :

Les précipitations sont produites par le phénomène de condensation de l'air dans les couches supérieures de l'atmosphère, sous forme de nuages contenant des gouttelettes d'eau, l'air s'élevant de plus en plus haut, le poids des gouttelettes augmente, provoquant ainsi la chute de pluies ou de neige. (GIVONI, 1978)

Les précipitations sont influencées notamment par les mouvements des vents et les changements des régimes de températures. Elles sont considérées comme un élément déterminant dans la classification des climats.



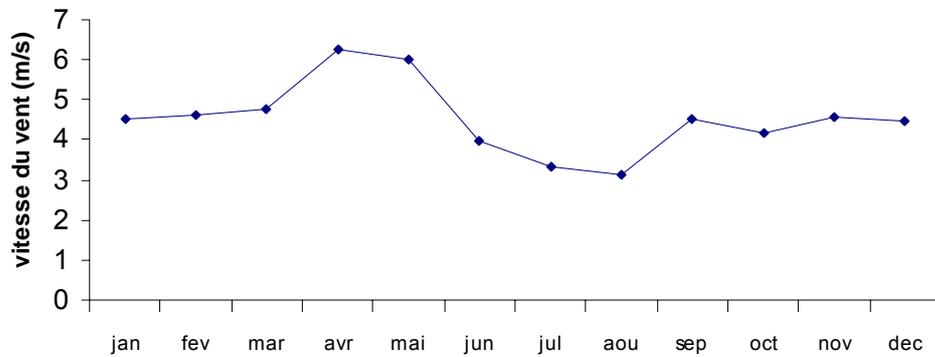
**Graph n°4-3 :** Précipitation en (mm) période « 1997-2007»  
Source : données station météo Biskra (2007)

Les précipitations sont très faibles, inférieures à 200 mm/an. La répartition annuelle des précipitations est marquée par une importante période de sécheresse (cinq mois : mai juin, juillet, août, et septembre) où les précipitations sont très faibles, et si elles existent, elles tombent sous forme d'orage, et provoquant parfois des crues et des débordements d'oued.

### IV -3-4 : Vitesse du vent :

Le vent est un écoulement d'air qui tend à équilibrer des zones de pression différentes dans l'atmosphère. Les variations dans la distribution des pressions et des températures sont dues essentiellement à une distribution inégale de l'énergie solaire sur l'ensemble du globe terrestre, et aux différences dans les propriétés thermiques des surfaces des continents et des océans. Lorsque les températures de l'environnement deviennent

inégales, l'air le plus chaud tend à s'élever et à s'écouler par-dessus l'air le plus froid qui est le plus lourd.



**Graphe n°4-4 :** Vitesse du vent (m/s) période « 1997-2007»  
Source : données station météo Biskra (2007)

Les vents qui prédominent à la ville de Biskra se diffèrent suivant la saison :

- En hiver : vent dominant Nord-ouest (vents froids)

- En été : elles proviennent du Sud-est (vents chauds et secs).

Avec des vitesses moyennes qui varient entre 3.49 m/s, la période des vents poussiéreux s'échelonne entre le mois de mars et mai,

### III-3-5 : Calcul de l'indice d'aridité (d'après E.D Martonne):

$$Im = P / (T + 10)$$

Im: indice d'aridité.

P : précipitations annuelles.

T : température moyenne annuelle.

$$Im = 143.23 / (22.25 + 10) = 4,44$$

La lecture caractéristique de cet indice se fait de la manière suivante

Lorsque :	$Im < 05$	climat hyper aride.
	$05 < Im < 10$	climat aride.
	$10 < Im < 20$	climat semi aride.
	$20 < Im < 30$	climat semi humide.
	$30 < Im < 55$	climat humide.

Im = 4,44 donc  $Im < 05$ ..... Climat hyper aride

**IV -3-6 : Résultat d'analyse climatique de la ville**

Le désert constitue le plus grand secteur géographique dans notre pays qui est encore à peine habité. La zone d'étude fait partie de la région saharienne dont l'indice d'aridité (d'après De-Matrone), pour la dernière décennie égale à: ( $I = 4.44$ ) indiquant une aridité absolue. Il existe pratiquement deux saisons, une froide et l'autre chaude, cette dernière objet de notre sujet de recherche sur le micro climat de l'oasis.

D'après les données météorologique de la ville de Biskra pendant la période estivale, il ressort que le mois de juillet est le plus chaud et le plus sec, caractérisé par des températures quotidiennes moyennes égales à  $34.7^{\circ}\text{C}$  et des pics dépassent  $40^{\circ}\text{C}$ , et de grande amplitude thermique journalière environ  $18^{\circ}\text{C}$ , aussi qu'un taux d'humidité relative moyen de 25 %, avec de faible vitesse de vent parfois sont calmes, ainsi qu'une durée d'insolation très grande comparée par les autres mois.

Face à cette situation d'inconfort le besoin d'une protection solaire est indispensable avec le recours aux surfaces ombrées, et un rafraîchissement par humidification de l'air.

#### IV -4 : Présentation du cas d'étude:

La présente recherche s'est déroulée à l'intérieur et l'extérieur d'une palmeraie traditionnelle moyennement ouverte à chetma, située à l'est de la ville de Biskra à environ 7 Km (fig 4-5), d'une superficie de 110,00km<sup>2</sup> et 14000 habitants, repartis en trois zones chetma, droua, sidi khellil. L'activité principale de sa population est l'agriculture qui se caractérise par une variété végétale composée essentiellement de 285 495 palmier dattier, arbres fruitier et culture maraîchère.



**Figure n°4-5** : Situation de l'oasis par rapport a la ville de Biskra

Source : google earth

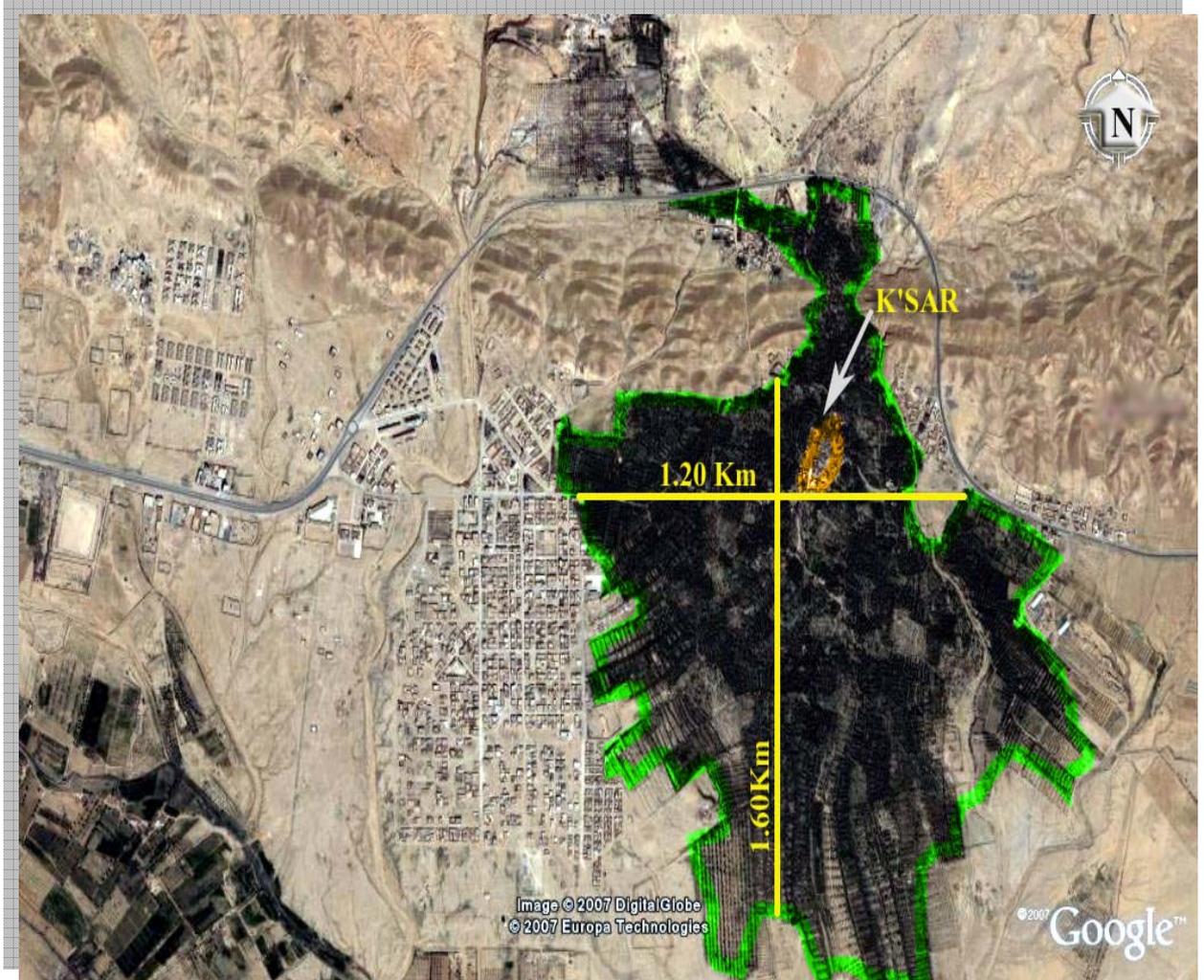
#### - Critères du choix du site :

Les critères du choix de ce site sont les suivants :

- La ville étant la porte du désert.
- Disponibilité de l'eau d'irrigation
- Une variété végétale importante et rare ainsi une meilleure qualité du dattier
- Le terrain constitue la future extension de la palmeraie
- Le ksar est encore occupé par ses habitants.

**IV -4-1 : Dimension et forme de l'oasis:**

La palmeraie est d'une forme irrégulière (fig 4-6), compose de plusieurs parcelles chacune est cultivée par son propre propriétaire, sa superficie globale est environ de 192 hectar, le k'sar occupe la partie nord de la palmeraie (fig 4-7). Le terrain d'assiette présente une légère pente vers le sud, la hauteur moyenne de la verrière est de 10m (fig 4-8).



**Figure n°4-6:** Dimension de l'oasis de chetma  
Source : google earth



**Figure n°4-7:** Vue aérienne montrant le k'sar de chetma

Source : google earth



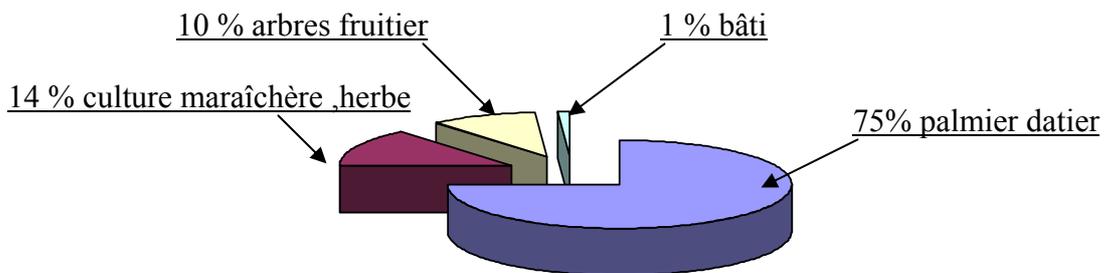
**Figure n°4-8 :** Taille de la verrière

Source : L'Auteur

#### IV -4-2 : Densité du peuplement :

La palmeraie de chetma est composée essentiellement de trois types de végétation répartis sur plusieurs parcelles où le palmier couvre la majorité des terres (graph 4-5) , l'espacement entre les arbres est relativement faible, mais il est aussi variable selon chaque cultivar, parfois les arbres sont implantés aléatoirement sur la parcelle (plantation en désordre), généralement la trame de plantation à base carré (7x7m, 8x8m,10x10m ),avec un espacement entre palmiers souvent serrée (fig 4-9) et d'autre fois espacée (fig 4-10):

- palmier datier.....142palmier/h
- arbres fruitier..... 19arbre/h
- culture maraîchère / herbe .....26h
- piste ,bâti.....1.9h



**Grappe n°4-5** : Répartition des terres dans l'oasis  
 Source : Recensement du service d'agriculture APC de chetma 2007



**Figure n°4-9: Plantation serrée**



**Figure n°4-10: Plantation espacée**

**IV -4-3-Système d'irrigation :**

L'irrigation de la palmeraie est assurée par un cours d'eau superficiel "segua"(fig 4-11), provenant d'une source naturelle située au nord de la palmeraie a une distance de 2Km avec un important débit, la part d'irrigation en eau est déterminée selon la taille de la parcelle et le nombre de palmiers.

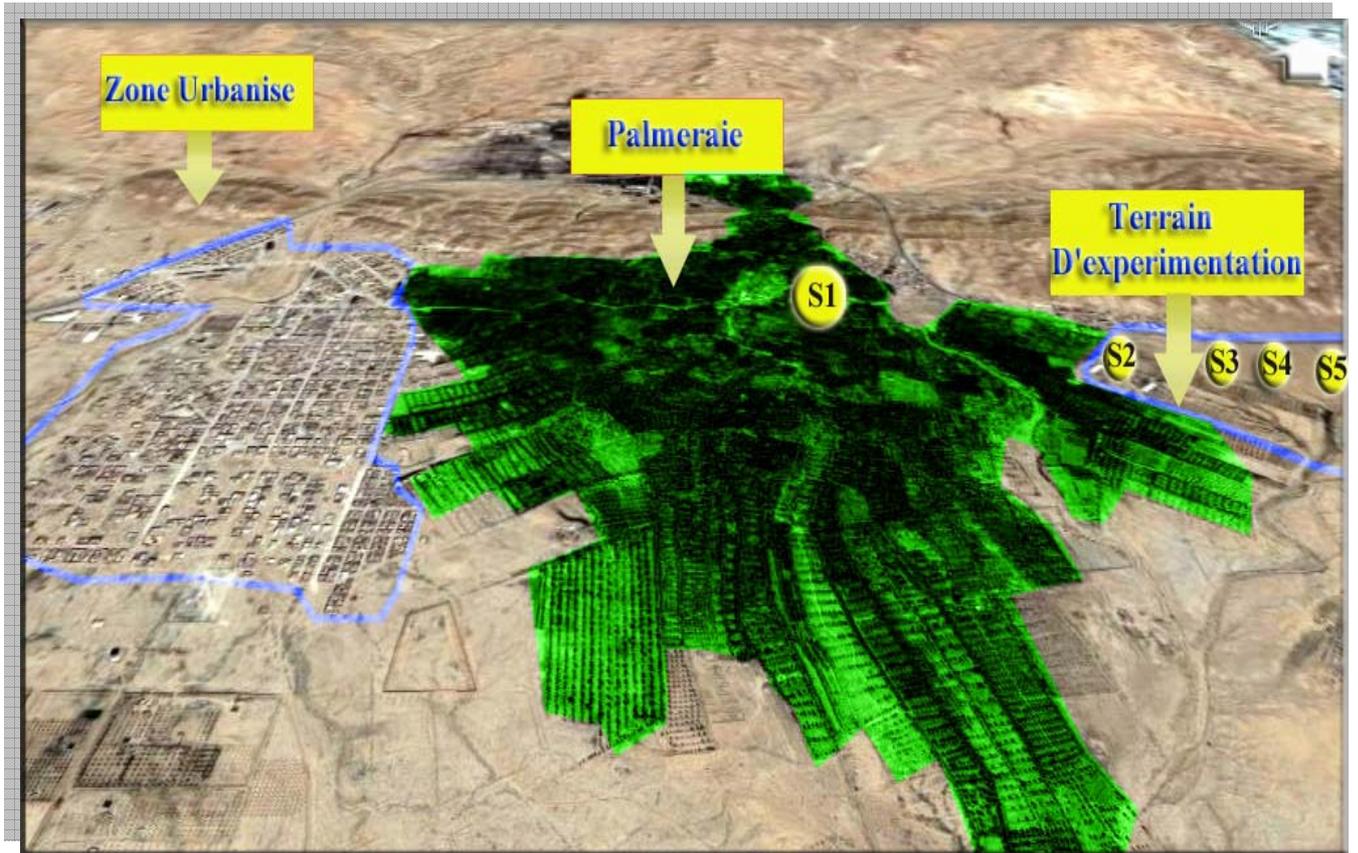


**Figure n°4-11** : La segua coule vers le sud de la palmeraie  
Source : l'Auteur

**IV -4-4-Limite du champ d'étude:**

La palmeraie est limitée à l'ouest par une zone d'habitation moderne et au nord par la voie mécanique Biskra -Arris, à l'est et au sud par un terrain nu.

La partie EST de la palmeraie est choisie pour le déroulement de l'expérience (fig 4-12)



**Figure n°4-12** : Limite du terrain d'expérimentation  
Source : google earth

#### **IV -5-Analyse climatique du site :**

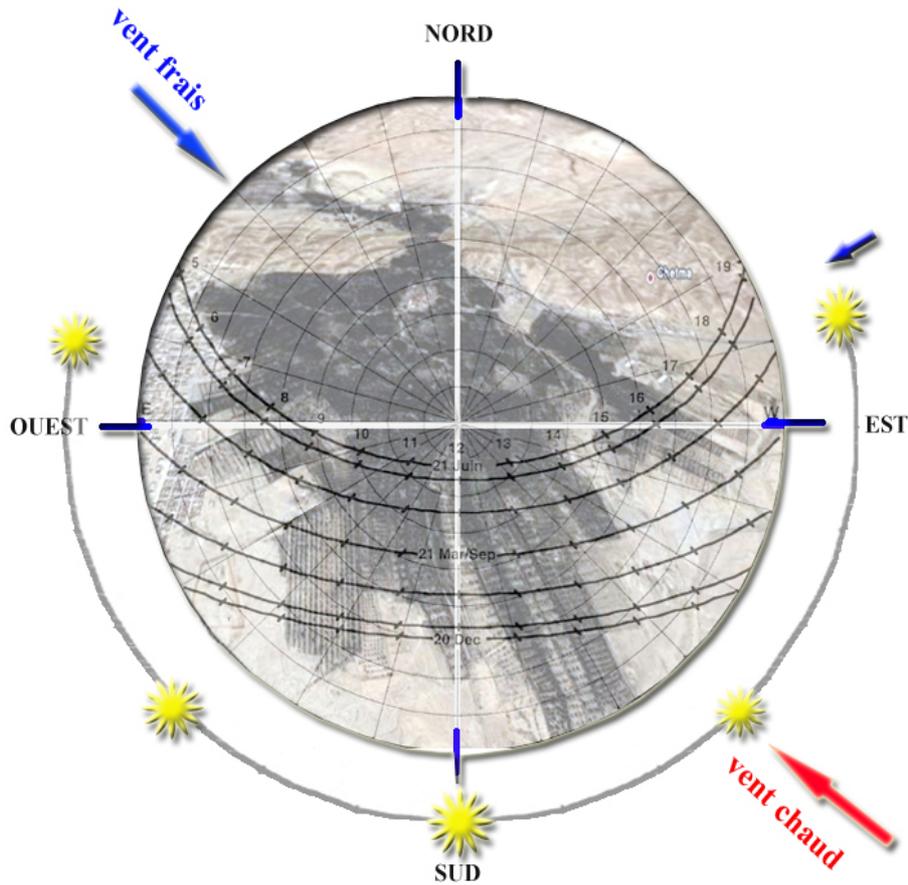
##### **a- l'Ensoleillement :**

D'après Le diagramme solaire (fig 4-13), la durée du jour pour le mois de déroulement des mesures (été 2007) dépasse 15 heures, ce qui indique l'ampleur de l'effet du rayonnement solaire.

La palmeraie est totalement exposée aux rayons solaires (fig 4-14), mais à l'intérieur des parcelles les taches d'ombre sont nombreuses et variable selon la hauteur du palmier et le degré d'ouverture au ciel (SVF).

Finalement la végétation exposée au soleil est soumise à deux processus :

- Surchauffe dû au rayonnement solaire
- Refroidissement dû à l'évapotranspiration



**Figure n°4-13** : Trajectoire solaire et direction des vents affectant le site  
Source : l'Auteur



**Figure n°4-14**: Vue générale sur la palmeraie

#### **b-Mouvement de l'air :**

La palmeraie est exposée au vent frais provenant de N-O et les vents chauds "Chehili" provenant du S-E. D'après l'analyse climatique de la ville de Biskra, on note que pendant la période estivale et principalement en juillet -août les vents sont calmes.

#### IV -6 : Objectif de la campagne de mesures

Le but de la campagne de mesures est d'examiner le microclimat créée par l'oasis pendant la période estivale (été 2007) à travers la prise des mesures et l'évaluation des données climatiques enregistrées à l'intérieur de l'espace couvert (palmeraie) et le désert.

##### IV -6-1 : Facteurs climatiques mesurés

Les variables environnementales qui sont importantes pour le confort thermique humain englobent le rayonnement solaire, les températures des surfaces, de la température de l'air, et de la vitesse du vent et d'humidité (Herrington, 1978; Akbari ; 1992).

Il s'agit de mesurer des facteurs climatiques ayant une incidence sur le confort thermique :

- la température de l'air en °C
- l'humidité relative de l'air en %
- vitesse de l'air en m/s

##### IV -6-2 : Description du système de mesures :

La prise des mesures s'effectue à l'aide d'un instrument portable (LM800) à quatre fonctions (anémomètre, hygromètre, thermomètre et luxmètre) :

- compact et très léger.
- Piloté par un micro processeur intègre qui garanti la fiabilité des mesures
- hélice très sensible avec roulement à faible friction qui permet d'obtenir une bonne précision -l'hygromètre est de type capacitif haute précision avec temps de réponse rapide (voir tab 4-1).

**Tableau n°4- 1:** Caractéristiques de l'instrument de mesure

caractéristiques				
	Unités	Gamme de mesure	précision	résolution
Vitesse Air	m/s km/h mph nœuds ft-min	De 1.4 à 108.0 km/h (0.4 à 30 m/s)	≤ 20 m/s : ± 3% lecture > 20 m/s : ± 4% lecture	0.1 (sauf Ft-min: 1)
Eclairage lumineux	Lux Ft-Cd	0-20000 lux	± 5% lecture 8%	1
Temperature (thermistance)	°C F°	0 à 50°C	-	0.1
Temperature (thermocouple) Type K	°C F°	-100 à 1300°C	± (1% lecture + 1°C)	0.1
Humidite relative	%HR	10-95%HR	< 70%HR: ± 4%, pour ≥ 70%HR : ± (4% lecture + 1.2%HR)	

### IV -6-3-Méthodologie et déroulement de la campagne de mesures :

Pour ressentir la fraîcheur de la palmeraie, les mesures doivent être prises pendant le mois le plus chaud de la période estivale correspondant au mois de juillet (été 2007).

La méthodologie de travail est basée sur la collecte de données climatiques sur terrain à deux heures d'intervalle à travers les différentes stations (fig4-16), à l'aide d'instrument mobile (fig 4-15).

Après des essais réalisés et d'observations faites sur site, nous avons limité notre expérience sur cinq stations, la première station fixe (**S1**) est située à l'intérieur de la palmeraie (fig 4-18), et le reste à l'extérieur dans l'espace nu, (**S2**) située à la frontière de la palmeraie (fig 4-19), (**S3**) à une distance de 50m du bord de la palmeraie, (**S4**) à une distance de 100m et (**S5**) à une distance de 200m (fig 4-20). Ces stations sont matérialisées sur terrain, et les mesures sont prises à une hauteur de 1.50m au dessus du sol, à intervalle de 5 minutes entre chacune. Ces mesures sont enregistrées sur des bordereaux (voir page 119).



Boussole

**Figure n° 4-15:** Instrument de mesure portable

#### IV -6-4-Parcours des mesures

La mission de la campagne de mesures consiste à mesurer les paramètres climatiques température, humidité et vitesse de l'air dans cinq stations (fig 4-16), une à l'intérieur de la palmeraie et le reste dans le désert. Les mesures sont effectuées en suivant une direction linéaire jusqu'à une distance de 200m du bord de la palmeraie (fig 4-17)

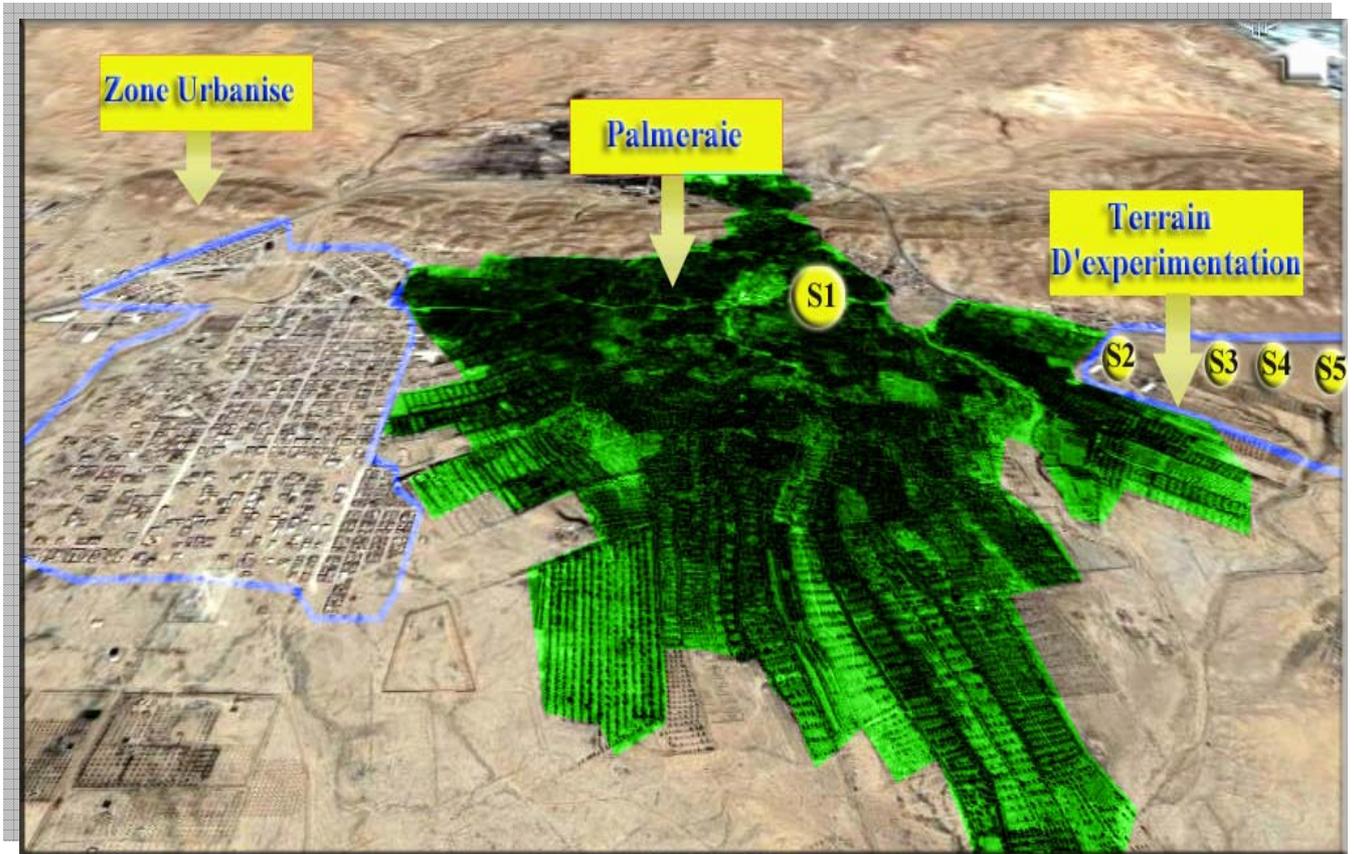


Figure n°4 - 16: L'emplacement des stations de mesures

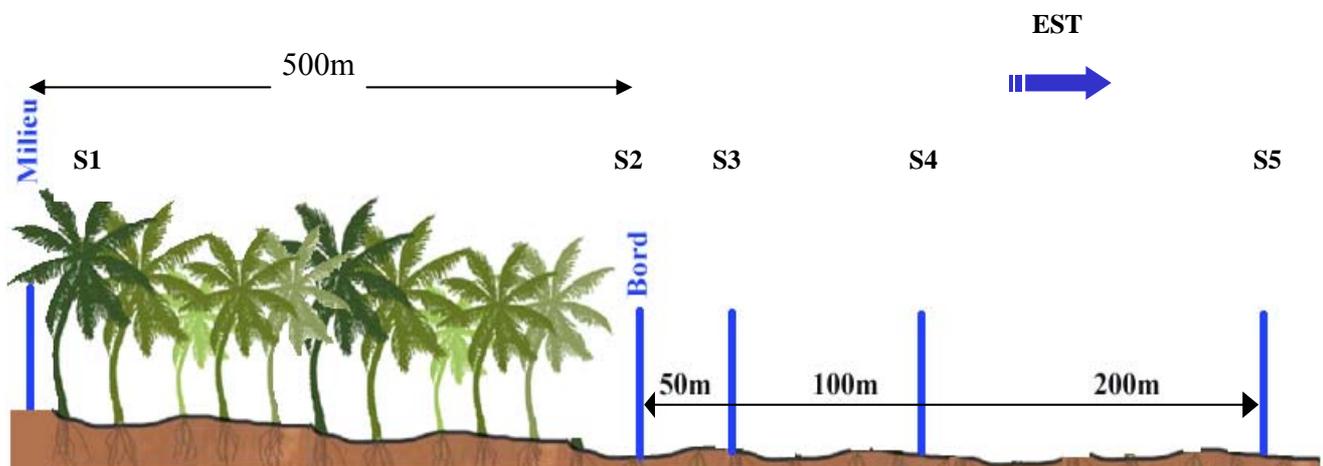


Figure n°4-17: Distance entre les stations

La parcelle choisie à l'intérieur de l'oasis contient les trois étages de production (palmiers dattier, arbres fruitiers et herbes). La hauteur moyenne des palmiers est de 10m. Celle des arbres fruitiers est de 3m, alors, l'herbe est de 20cm, l'espacement entre palmiers est de 8m.



**Figure n° 4-19:** situation de la station **S2**  
(Frontière de la palmeraie)



**Figure n° 4-18:** situation de la station **S1**  
(L'intérieur de l'oasis)



**Figure n° 4-20:** situation des stations **S3, S4, S5**  
(hors palmeraie)

**IV -7 : Interprétation des résultats**

Après la prise des mesures de la température, l'humidité et de la vitesse de l'air pendant le mois de juillet qui représente la période estivale, les facteurs climatiques mesurés dans toutes les stations sont enregistrés sur des bordereaux, et après dépouillement, seules les données de la journée type qui présente des valeurs élevées sont retenues et analysées.

**Tableau n°4-2 : Mesures de la température de l'air (°C) pendant la période estivale (été 2007)**

STATIONS	heures											
	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	2.00	4.00
S1	25.3	27.5	31.3	37.1	41.8	39.5	38.4	35.5	33	31.1	27.3	24
S2	27	29.4	33.5	36	40.8	39.7	39.2	37.4	35.8	34	29.8	26.2
S3	27.1	29.5	33.6	36.1	40.8	39.7	39.3	37.5	35.8	34	29.9	26.3
S4	27.2	29.6	33.7	36.2	41	39.8	39.4	37.6	36	34.2	30	26.4
S5	27.3	29.7	33.8	36.3	41	39.8	39.5	37.7	36	34.2	30.1	26.5

**Tableau n°4-3 : Mesures de l'humidité relative de l'air (%) pendant la période estivale (été 2007)**

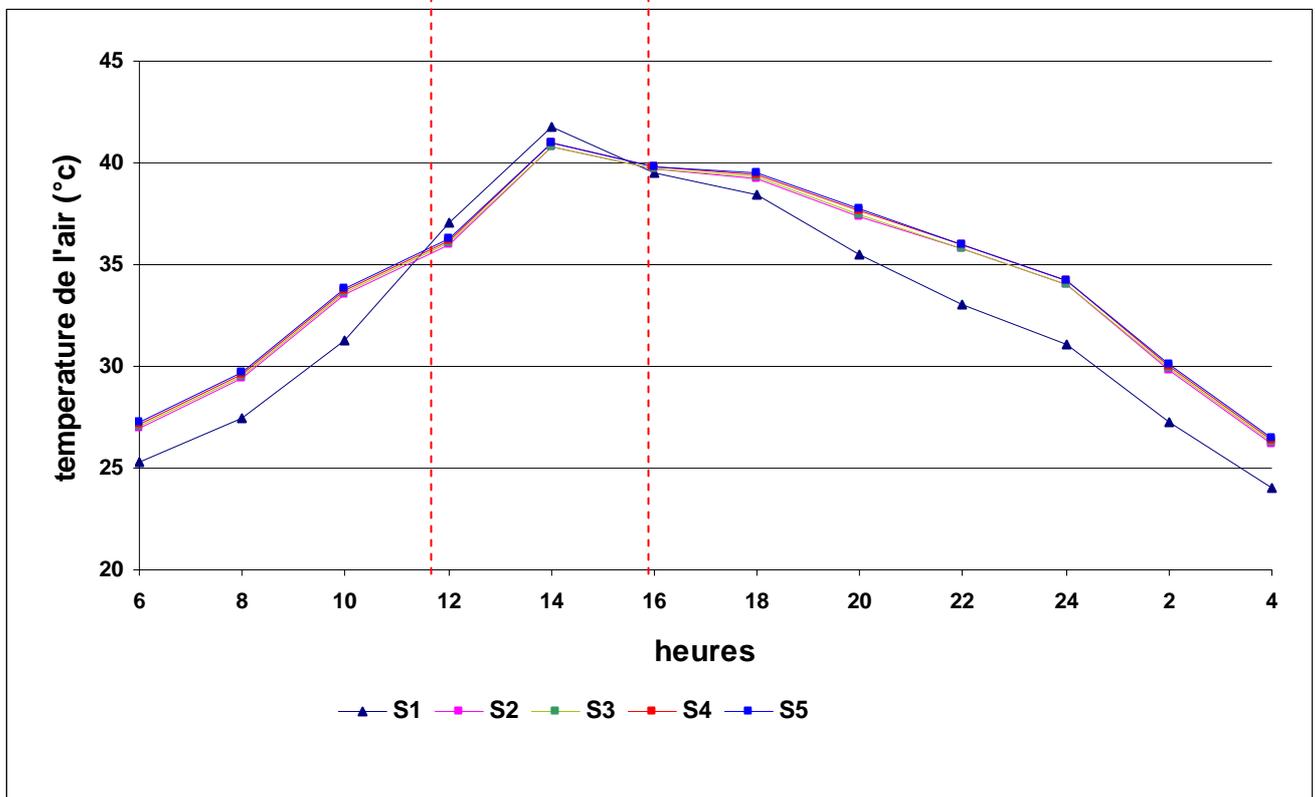
STATIONS	heures											
	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	2.00	4.00
S1	33,2	29,4	24,1	20,5	18	19	20	30	40,2	46,7	37,8	35,3
S2	30,4	26,8	21,3	15,6	13,1	14	16,3	18,7	22,3	25,3	30,1	31,7
S3	30	26,1	21	15	12,7	13,8	16	18,4	22	25	29,8	31,4
S4	29,8	25,7	20,9	14,7	12	13,1	15,7	18	21,6	24,7	29,2	31
S5	29	25	21,2	14,1	11,8	12,8	15,4	17,6	21,1	24,2	29	30,8

**Tableau n°4 -4: Mesures de la vitesse de l'air (m/s) pendant la période estivale (été 2007)**

STATIONS	heures											
	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	2.00	4.00
S1	1,5	1,10	0,50	calme	calme	calme	0,02	0,7	calme	calme	2,00	2,40
S2	3,2	2,00	1,20	0,02	calme	calme	0,08	0,3	calme	calme	1,20	1,80
S3	3,2	2,00	1,20	0,02	calme	calme	0,08	0,3	calme	calme	1,20	1,80
S4	3,2	2,00	1,20	0,02	calme	calme	0,08	0,3	calme	calme	1,20	1,80
S5	3,2	2,00	1,20	0,02	calme	calme	0,08	0,3	calme	calme	1,20	1,80
Directions du vent	<b>E-N-E</b>	<b>S-E</b>	<b>S-E</b>	<b>S-E</b>	-----	-----	<b>S-E</b>	<b>N-O</b>	-----	-----	<b>N-O</b>	<b>N-O</b>

#### IV -7-1 : La température de l'air:

Pendant la période de l'expérience, il y avait des variations journalières de la température de l'air, entre la station S1 et les autres stations du terrain nu (S2,S3,S4,S5), le graphe n°4-6 nous montre le profil journalier de la température de l'air dans les cinq stations. Nous notons que la température enregistrée dans les stations préserve le même chemin, elle débute du lever du soleil aux dernières heures de la nuit, les températures minima étaient légèrement plus prononcées à la station S1. Selon la courbe du graphe, on observe trois périodes distinctes en corrélation directe avec l'énergie solaire reçue, la première débute après le lever du soleil, la deuxième quand le soleil est au zénith, la dernière après le coucher du soleil.



**Graphique n°4-6 :** Variation de la température de l'air pendant la période estivale (été 2007)

- Quand le soleil commence à se lever (début du gain thermique) la température s'accroît progressivement dans toutes les stations, de 6:00 h à 8:00 h, les températures de l'air enregistrées à la station S1 sont inférieures par rapport à la station S5 sont de l'ordre de -2°C, alors qu'une légère différence de température d'ordre de 0.1°C entre les stations S2, S3, S4, S5 selon leurs rapprochements à la palmeraie.

A10.00h : la température dans toutes les stations est supérieure à 30°C et la température enregistrée à S1 reste inférieure à celle des stations S2, S3, S4, S5 avec un écart de -2.5°C. Ces résultats concordent avec (Saito,1991 ;Givoni, 1991; Grimmond ., 1996; Upmanis , 1998;Spronken-Smith et Oke, 1998) dont leurs résultats enregistrés autour des grands parcs(couvert végétal dense),ont constaté que la différence de la température entre le parc et son environnement est de 1.5 °C à 4°C ,elle est variable selon l'endroit, la taille, types de végétation, et la disponibilité de l'eau. D'autres mesures de température enregistrées dans des secteurs suburbains présentent des variations semblables environ 2°C à 3°C entre les voisinages sous verrières et secteurs sans arbres (McGinn, 1982).

- A midi, l'ordre s'inverse la température enregistrée à la station S1 est élevée de quelques degrés (0.8-1°C) par rapport aux stations S2, S3, S4, S5.

à 14:00h, pendant le maximum d'énergie solaire, la température atteint son maximum, la plus haute température enregistrée à la station S1 ( $T_{\max} = 41.8^{\circ}\text{C}$ ) est élevée de +1°C que celle située dans le terrain nu S5, alors que l'intérieur de la palmeraie est plus humide que le désert (voir graphe 4-12), cet ordre restera jusqu'à 16:00h. On note que durant cette période la couverture d'herbe est complètement exposée aux rayons solaires (fig 4-21), ainsi aucun mouvement d'air n'a été enregistré (graph 4-15). Certains auteurs expliquent ce surchauffe par la capacité de la végétation dense de réduire la vitesse de l'air qui conduit par la suite à la réduction du pourcentage de changement thermique entre les couches d'air, ce qui augmente généralement la température dans ces zones protégées » (Robinette, 1972; Escourrou ,1997).

Un tel couvert végétal joue le rôle de piège à la lumière, la fraction du rayonnement global qui est captée est ainsi accrue de 50% .Ce supplément d'énergie solaire capté fait que la température de l'air à l'intérieur d'une oasis n'est généralement pas plus basse que celle que l'on a dans le désert environnant, elle est égale, parfois supérieure (guyot, 1997).

- Par ailleurs, dans leurs recherches, les agronomes ont remarqué que le vent joue un rôle important dans les échanges thermiques entre les plantes et l'atmosphère:
  - Un tel couvert végétal dense réduit le mouvement d'air et par conséquent les échanges thermiques empêchant le transfert de la vapeur d'eau et par suite la dissipation de la chaleur<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Diawar.A., in Sellami M.H. and Sifaoui M.S, 1998,*Measurement of microclimatic factors inside the oasis: interception and sharing of solar radiation*. Renewable Energy, 13(1), p67-76.

- Le vent remplace l'air ambiant rapidement et affecte l'épaisseur de la couche de frontière autour des feuilles<sup>4</sup>

- Nos résultats concordent avec l'étude de Raynor<sup>5</sup> qui a mesuré et relié les conditions microclimatiques dans une forêt aux conditions dans un terrain nu. Il a constaté que la vitesse de vent dans la forêt d'une densité de (1474 arbres/ hectare) a été réduite de 70% à 90% par rapport à l'extérieur. Pendant la période d'accalmie du vent, les températures de l'air étaient plus hautes dans la forêt et restaient uniformes jusqu'à la verrière d'arbre. L'effet de surchauffe de la surface d'herbe durant le jour a été démontré dans d'autres études (Jauregui, 1991 ; Grimmond et autres, 1996 ; Potchter et autres, 2006) et peut être expliqué par une combinaison de manque d'ombrage et de faible albedo (Grant et autres, 2000) ayant pour résultat la plus grande absorption du rayonnement de courte onde par l'herbe et par suite l'élévation de la température d'air (Duynderke, 1992). Aussi, la teneur organique élevée des couches supérieures du sol peut élever la température de l'air par l'intermédiaire du processus de décomposition (Ben-Dor et autres, 1997). En outre, cette légère augmentation de la température de l'air est influencée par les conditions sous lesquelles la parcelle d'étude est soumise, les rayons solaires perpendiculaires pénètrent, couvrent la surface herbacée (fig 4-23) ce qui concorde avec (Givoni et Saaroni)<sup>6</sup>, qui ont trouvé que pendant les heures du jour, le surchauffe par le soleil a dépassé de loin l'effet de refroidissement dû à l'évaporation des feuilles d'herbes. Holbo et Luvall<sup>7</sup>, examinent la distribution et la variation spatiale de la température de surface entre la forêt et les terrains nus. Le résultat obtenu montre que la distribution et la variation spatiale de la température de surface étaient généralement plus grandes dans la forêt que dans les terrains nus.

<sup>4</sup> Jones, H.G in Sellami M.H. and Sifaoui M.S, 1998, *Measurement of microclimatic factors inside the oasis: interception and sharing of solar radiation*. Renewable Energy, 13(1), p 67-76.

<sup>5</sup> Raynor, G.S.. 1971, *Wind and temperature structure in a coniferous forest and a contiguous field*. Forest Science 17, p351-363.

<sup>6</sup> Baruch Givoni and Hadas Saaroni, 2001, *Predicted Sun Exposed Irrigated Lawn Temperatures*.

<sup>7</sup> Holbo, H.R., Luvall, J.C., 1989, *Modeling surface temperature distributions in forest landscapes*. Remote Sensing of Environment 27, p11-24.

Nos résultats concordent aussi avec la recherche de (saaroni & autres<sup>8</sup> ; O. Potchter & autres<sup>9</sup>) qui ont enregistré un surchauffe de +1 à +1,3 °C dans un site végétal situé dans le désert de Palestine.

Dans une autre étude menée par le laboratoire de rayonnement thermique (sellami et sifaoui ,1995) à l'intérieur d'une oasis traditionnelle située à Tozeur (sud tunisien), comprend la même structure que la notre (palmier, arbre fruitier, herbe) ont trouvé que la température mesurée à une hauteur de 2m est plus élevée qu'à 12 m (au dessus du palmier), comme on peut supposer que cette légère augmentation de la température à l'intérieur du couvert végétal résulte aussi de la chaleur produite par les activités qui se déroulent à l'intérieur de l'oasis, "chaleur émise par les cuisines du K'sar"( fig 4-22)

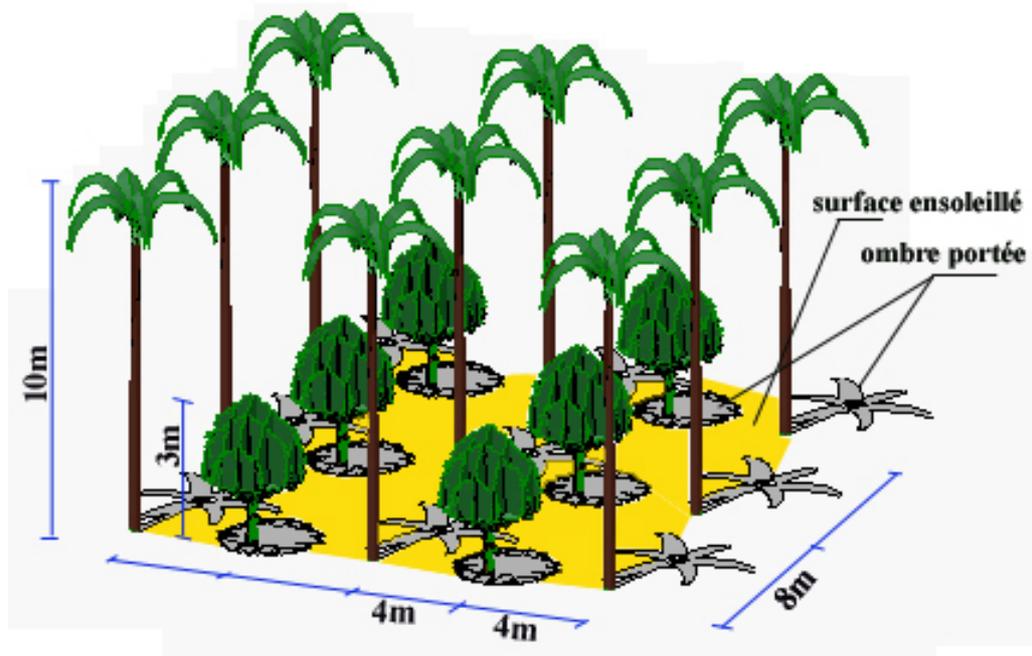


Figure n°4-21:La tache solaire à 14:00h

Source : l'Auteur

<sup>8</sup>Hadas Saaroni\*, Arie Bitan, Eyal Ben Dor, Noa Feller , 2004, *The mixed results concerning the 'oasis effect' in a rural settlement in the Negev Desert, palestine.* Journal of Arid Environments 58 ,p235–248

<sup>9</sup> Potchter, O., and all, 2008, *The oasis effect in an extremely hot and arid climate: The case of southern palestine.* Journal of Arid Environments, Volume 72, P 1721-1733



**Figure n° 4-22 :** Vue montrant l'intérieur du k'sar

Source: l'Auteur

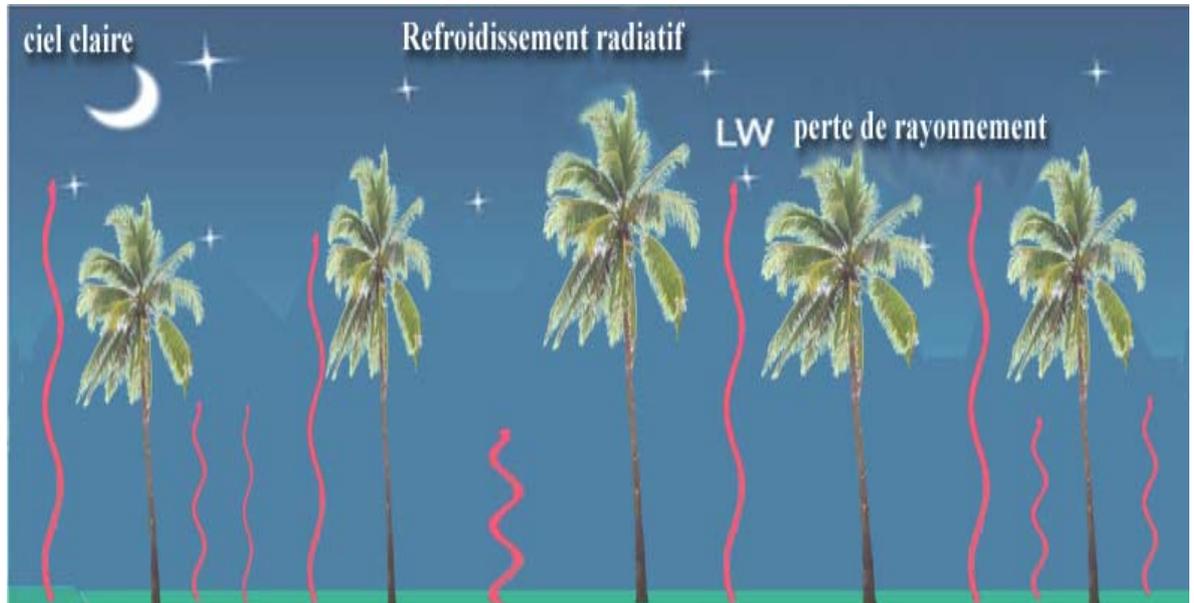
- A partir de 16:00h, l'ordre retourne à son origine, les températures enregistrées à la station S1 sont inférieures à celles situées dans le terrain nu suivi d'une faible différence de température entre les stations du désert 0.1-0.2°C et l'effet de la palmeraie se prolonge seulement à une distance de 100 m de la frontière (S4).

A 18:00h, la température enregistrée à S1 commence à s'abaisser progressivement par rapport aux stations S2, S3, S4, S5.

- A 20:00-22:00, après le coucher du soleil, et après un cumul d'énergie solaire, la température enregistrée à la station S1 commence à s'abaisser à celle située dans le terrain nu S5, avec l'augmentation de l'écart.
- A minuit, on observe le plus haut écart de température -3.1°C entre la station S1 et S5 (graphe 4-7), à ce moment nous avons enregistré le plus grand taux d'humidité (voir graphe 4-12)

de 2:00h à 4:00h ,après le dégagement de la chaleur stockée dans le sol ,on observe une diminution du l'écart entre la station S1 et S5, la plus basse température enregistrée à la station S1 = $T_{\min} 24^{\circ}\text{C}$  et S5 = $T_{\min} 26.5^{\circ}\text{C}$  ,donc la perte de la chaleur par rayonnement terrestre participe au rafraîchissement de l'air au dessus du sol (fig 4-23). Ces grandes différences de température qui se produisent à la nuit plutôt que pendant la journée ont été également détectées par Landsberg (1981); Oke and East (1971); Bacci et Morabito (2003).

Givoni et Saaroni<sup>10</sup>; Hirofumi Sugawara et autres<sup>11</sup>, ont trouvé que la surface d'herbe agit comme radiateur au courant de la nuit, la chaleur emmagasinée se transforme en énergie évaporative qui rafraîchit l'air environnant.



**Figure n°4-23: Rafrâichissement nocturne**

Source: l'Auteur

#### **IV -7-1-a : L'intensité de la fraîcheur**

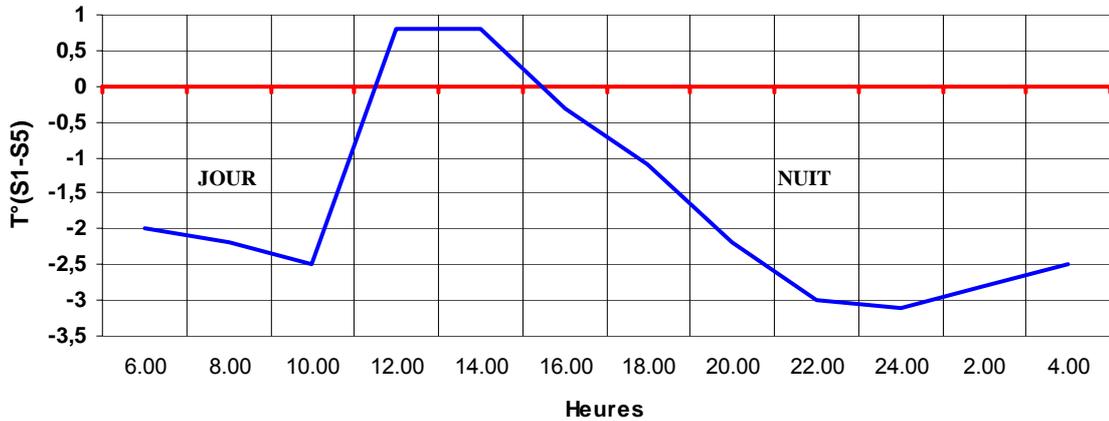
La fraîcheur qui se produit à l'intérieur d'une palmeraie peut être assimilée à celle d'un parc et définie par une intensité PCI (Palm Grove Cool Island) dont l'index est calculé comme différence entre la température de l'air externe et interne du parc (Givoni, 1991; Spronken et Oke, 1998), le développement de PCI dépend de l'ampleur de l'irrigation et la présence des arbres (Spronken-Smith ; Oke1998).

La différence des températures entre la station S1 et la station la plus éloignée S5 (voir graphe n°4-7) peut être récapitulée comme suit: l'intérieur de la palmeraie était plus frais pendant le matin et la nuit, mais les différences de nuit étaient plus prononcées et prolongées pour plus longtemps. On observe l'intensité de fraîcheur diminue selon

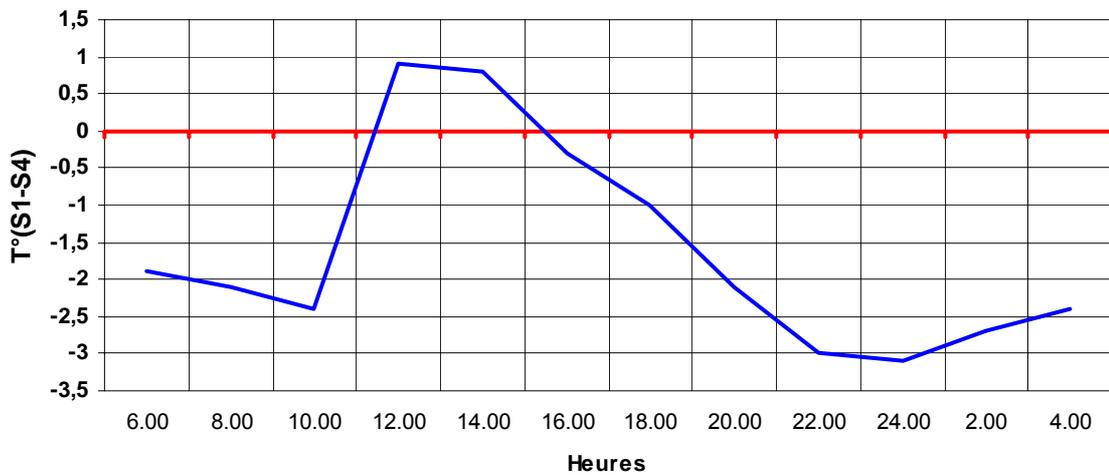
<sup>10</sup> Givoni, B., Saaroni, H., 2003, *Predicted Sun Exposed Irrigated Lawn Temperatures*, Fifth International Conference on Urban Climate, 1-5 September, Poland

<sup>11</sup> Hirofumi Sugawara and all, 2005, *Nocturnal cold outflow from large urban park*, The 4th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, Tsukuba.

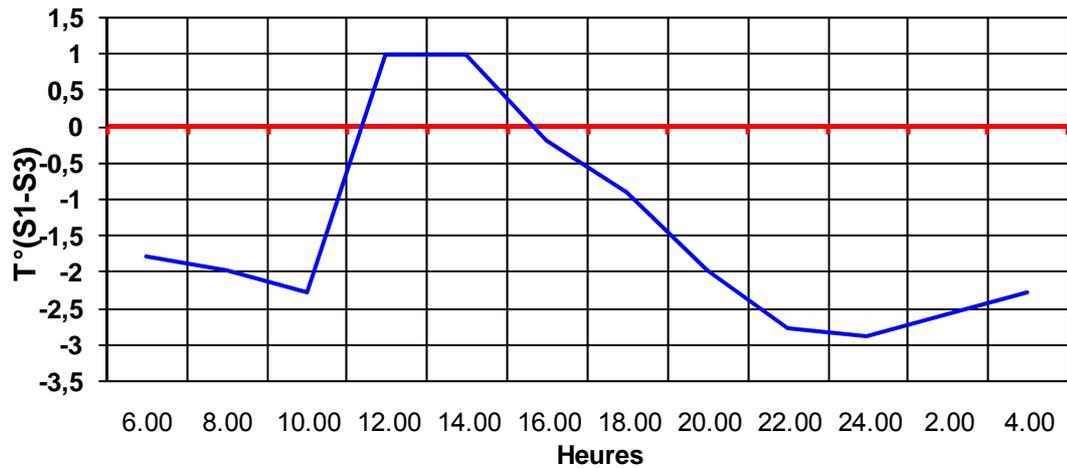
l'éloignement par rapport au secteur vert, ce qui concorde avec l'idée de oke (Clothes lines effect).



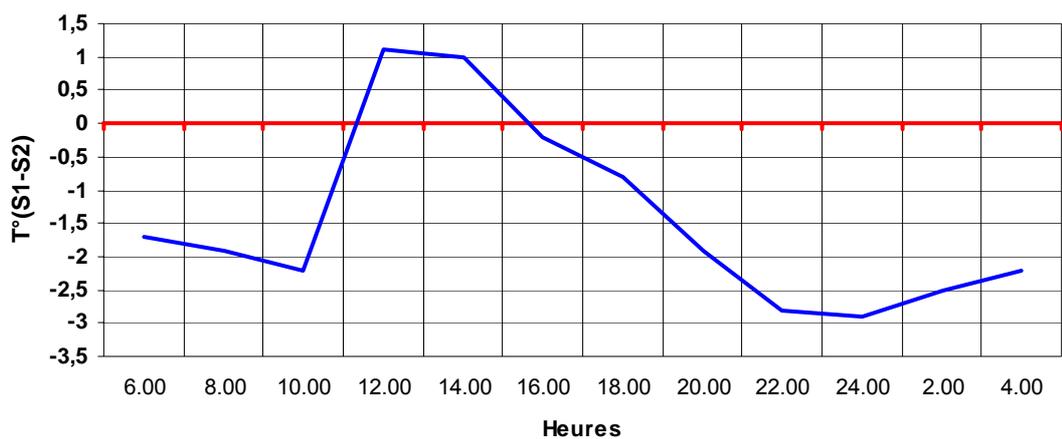
**Graph 4-7:** Evolution de l'écart de température entre la station S1 et S5  
Pendant la période estivale (été 2007)



**Graph 4-8:** Evolution de l'écart de température entre la station S1 et S4  
Pendant la période estivale (été 2007)

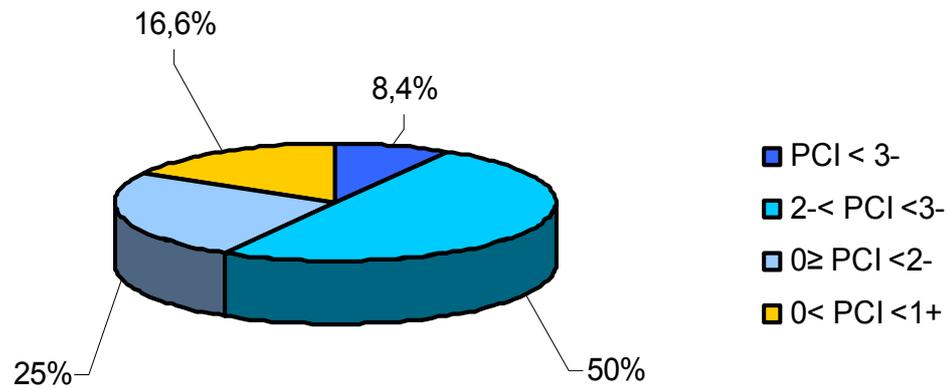


**Graph 4-9:** Evolution de l'écart de température entre la station S1 et S3  
Pendant la période estivale (été 2007)



**Graph 4-10:** Evolution de l'écart de température entre la station S1 et S2  
Pendant la période estivale (été 2007)

D'après le graph 4-7, on observe que l'oasis offre à l'espace nu environ 20 heures de fraîcheur par jour avec des variations de la valeur de l'intensité de fraîcheur. Par exemple une valeur du PCI -2 à -3°C couvre environ 50% de la journée (graph 4-11) et son effet se prolonge jusqu'à une distance de 200 m en dehors de la palmeraie ce qui concorde avec l'idée que les effets climatiques des grands espaces verts se font sentir à des distances plus grandes de 100 à 500 m, que ceux liés à des aires plus petites (Wilmers, Honjo et Takakura, 1991).



**Graphique n°4-11:** Pourcentage des heures d'intensité de la fraîcheur pendant la période estivale (été 2007)

#### IV -7-2 : L'humidité relative de l'air:

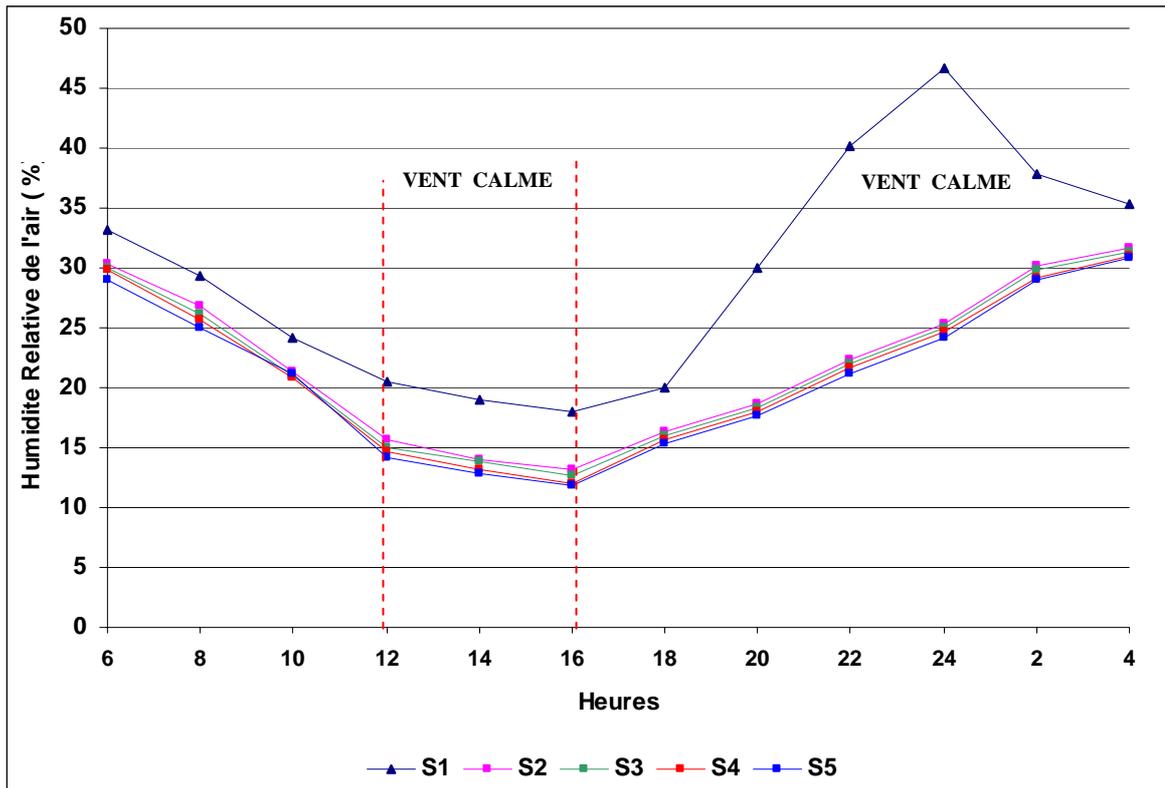
La variation d'humidité relative de l'air pour chaque deux heures est présentée dans le graphique n°4-12. Dans toute l'expérience, les données enregistrées à la station S1 étaient plus élevées que celles des stations situées dans le terrain nu. On observe que le taux d'humidité diminue selon l'éloignement par rapport à la palmeraie.

Le taux d'humidité relative le plus élevé du jour est enregistré à 6:00h dans la station S1 avec un écart de 4.2%, par rapport à la station la plus éloignée S5.

De 8:00h à 10:00h, le taux d'humidité commence à baisser dans toutes les stations.

Au moment du maximum d'énergie de 12:00h à 14:00h, nous avons observé une chute du taux d'humidité avec une augmentation de l'écart (graph 4-13)

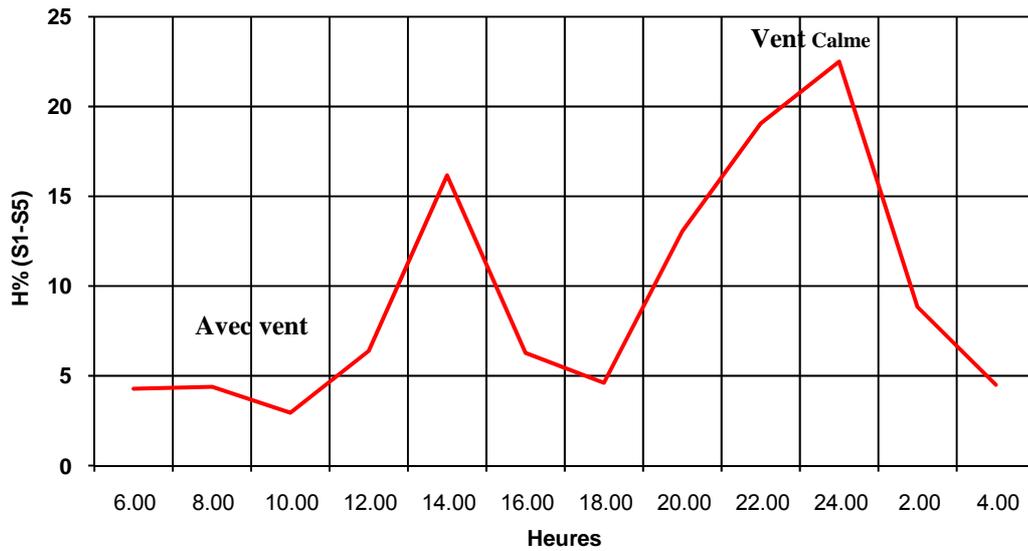
Au coucher du soleil et après un cumul d'énergie solaire, on enregistre une augmentation du taux de l'humidité avec augmentation de l'écart entre S1 et S5, cette élévation est expliquée par l'effet de la chaleur latente de vaporisation de la surface herbacée (Givoni et Saaroni.,2000; Hirofumi Sugawara et autres,2005 ).



**Graph 4-12:** Variation de l'humidité relative de l'air pendant la période estivale (été 2007)

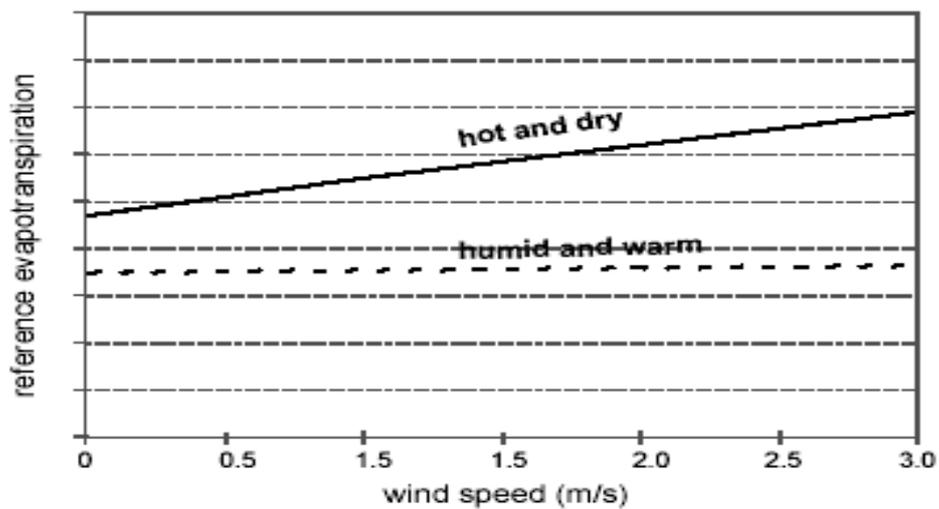
- A minuit, on enregistre un taux plus haut d'humidité dans la station S1 avec un grand écart de 22.5% par rapport à la station S5 (graph 4-13) on note qu'en ce moment le vent est calme (graph 4-15), ce qui favorise la stagnation de l'air et concorde avec l'étude de EL.Amami<sup>12</sup> qui a trouvé un taux d'humidité très élevé pendant la nuit calme dans l'oasis du sud tunisien.
- De 2:00h-4:00h, on observe une diminution de l'écart (graphe 4-13) et des faibles différences d'humidité relative entre les stations du désert par l'intermédiaire de la brise vent qui coule depuis la station S1 (fig 4-15)

<sup>12</sup> EL.Amami, in RIOU .C, 1990, *Bioclimatologie des oasis*, Options Méditerranéennes, Sér. A /1 1, Les systèmes agricoles oasiennes, France.



**Graphe n°4-13:** Evolution de l'écart de l'humidité relative entre la station S1 et S5 pendant la période estivale (été 2007)

Le plus haut taux d'humidité enregistré à la station S1 pendant la nuit calme est dû essentiellement à l'évaporation de la surface herbacée, mais pendant le jour l'augmentation du taux d'humidité est enregistré en présence du vent ce qui concorde avec l'étude du FAO (Voir graphe 4-14) qui démontre à quel point le vent intervient dans l'accélération de l'évapotranspiration dans une région aride.

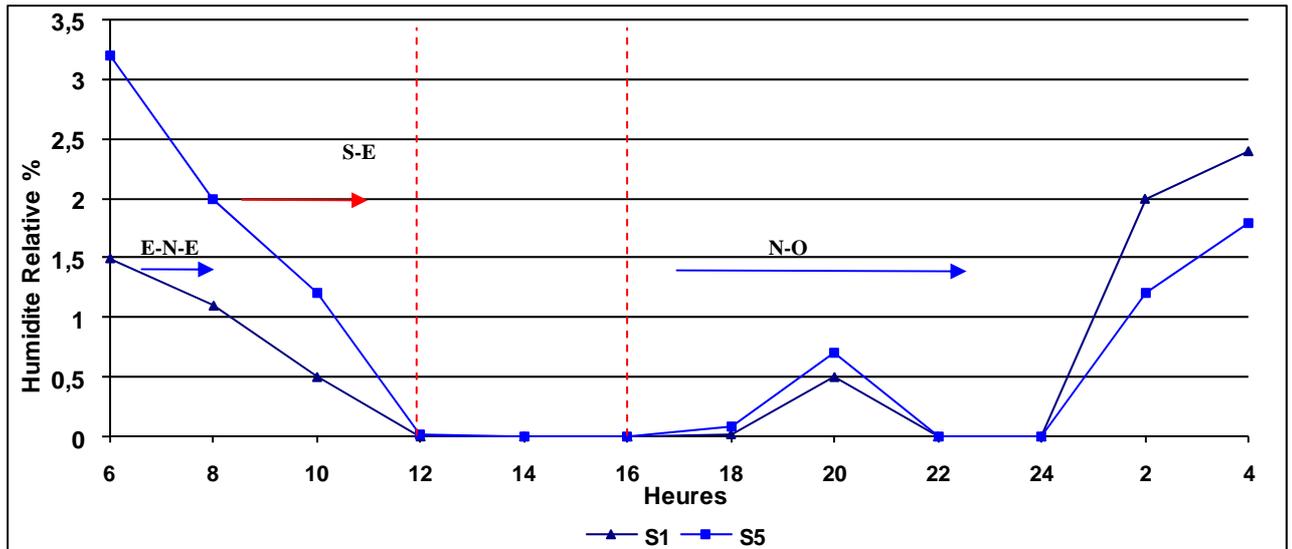


**Graphe n°4-14 :** Illustration de l'effet de la vitesse de vent sur l'évapotranspiration dans climat chaud –sec et chaud- humide  
Source :FAO

### IV -7-3 : La vitesse de l'air :

Le graphe n°4-15 montre la courbe du vent pour chaque deux heures dans les différentes stations. Nous notons que la vitesse et la direction de vent mesurées aux stations situées dans le terrain nu représentent le cycle quotidien puisqu'il n'y a aucun obstacle. Les vitesses du vent enregistrées dans la station S1 pendant le jour sont faibles et parfois calmes.

La comparaison entre la vitesse du vent à l'intérieur et l'extérieur de l'oasis montre que les valeurs enregistrées dans les stations S2; S3; S4 ; S5 sont plus élevées durant le jour.



**Graphique n°4-15:** Variation de la vitesse du vent pendant la période estivale (été 2007)

Pendant la matinée à 6:00h, la vitesse du vent froid provenant de la direction E-N-E atteint Le vent atteint sa crête de 3,2 m/s dans les stations du désert. A la station S1, les valeurs mesurées sont réduites presque de 50% par rapport à la station S5.

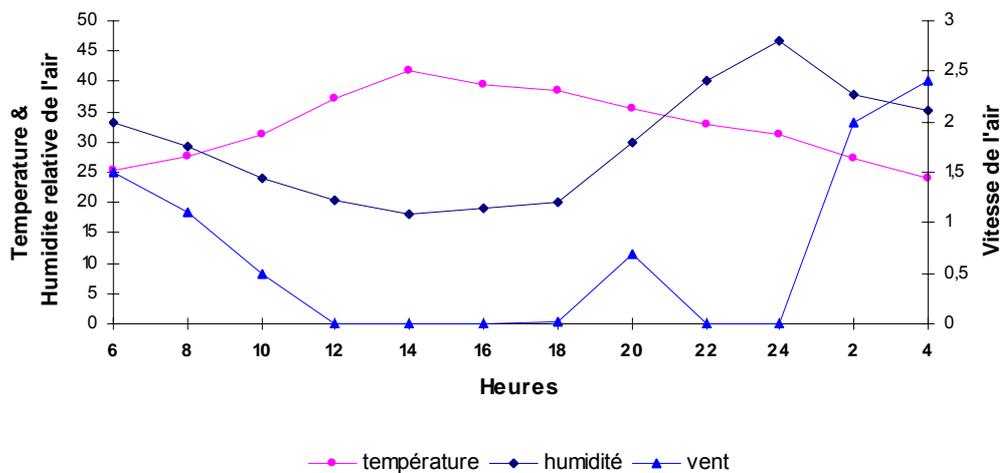
De 8:00h à 12:00h, la vitesse du vent chaud de direction S-E diminue progressivement dans toutes les stations.

De midi jusqu'à 16:00h, la vitesse du vent enregistrée dans les stations S2 ;S3 ;S4 ;S5 était faible et de l'ordre de 0.02-0.08 m/s ,par contre le vent est calme dans la station S1 , en l'interprétant par la capacité de la végétation dense à bloquer et ralentir le vent (Robinette, 1972 ; Carpenter et al.,1975,McClenon,1977).

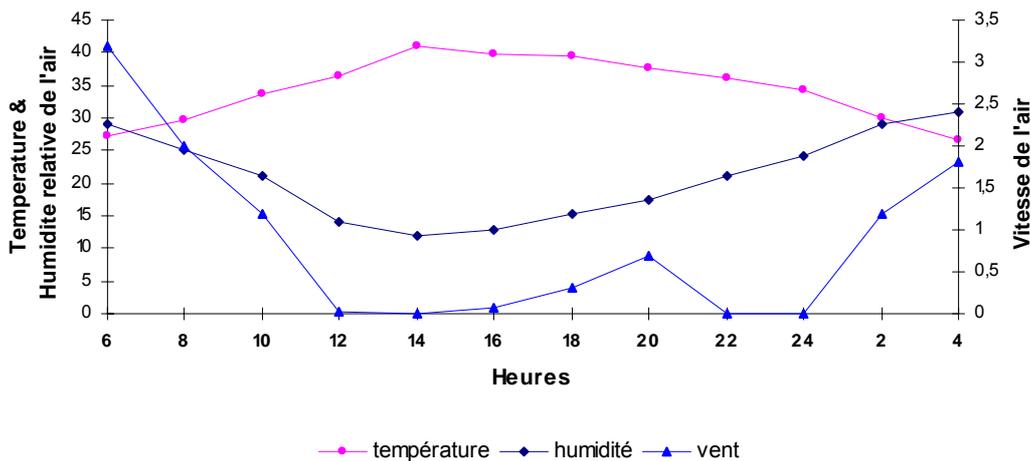
Au début du coucher du soleil, à 20:00h l'air frais provenant du N-O coule depuis la station S1 avec une faible vitesse vers l'espace nu. Durant les heures de la nuit, le sol à l'intérieur de la palmeraie se refroidit plus vite que le sol du désert, et par conséquent la masse de l'air froid créé à l'intérieur de la palmeraie s'écoule vers le terrain nu avec une légère vitesse (brise d'air).

**IV -7-3-a : L'effet du vent sur la variation de la température et l'humidité de l'air**

Un autre paramètre influençant l'effet de refroidissement est la vitesse du vent .Le rapport entre la vitesse de vent et la température de l'air démontre que la vitesse de vent accrue pendant le jour est mise en parallèle par l'augmentation du taux d'humidité et la réduction des différences de la température entre les stations du désert (graphe 4-7).Pendant la nuit, quand le vent est calme,on enregistre le plus haut taux d'humidité dans la station S1 (graphe 4-13),et par conséquent les différences de température de l'air entre les stations S2,S3,S4,S5 et la station S1 étaient plus élevées .



**Graphe n°4-16:** Profil de la température, humidité, vitesse de l'air dans la station S1 pendant la période estivale (été 2007)



**Graphe n°4-17:** Profil de la température, humidité, vitesse de l'air dans la station S5 pendant la période estivale (été 2007)

**IV -8 : Conclusion**

- Le microclimat généré par la palmeraie traditionnelle moyennement ouverte de chetma appartient à un climat chaud et aride a été clairement identifié pendant la période estivale (été 2007)
- La palmeraie par sa densité végétale crée un réservoir de fraîcheur pendant les premiers heures du jour, et plus significatif après le coucher du soleil avec une intensité de fraîcheur (-2 à -3.1°C) qui se prolonge jusqu'à une distance de 200 m dans le désert.
- Le surchauffe enregistré durant la période de 12:00h à 14:00h à la station S1 est dû à l'absence du mouvement d'air empêchant le transfert de la vapeur d'eau et par la suite la dissipation de la chaleur. Face à cette situation, le moyen d'assurer un mouvement d'air efficace doit être pris afin d'accélérer et favoriser le contact entre la végétation et l'atmosphère.
- Le palmier dattier est l'élément de base de la structure de l'oasis dans la région des Zibans. De part sa nature xérophile caractérisée par une faible transpiration foliaire, il n'agit pas trop sur la température de l'air. Mais au contraire, le sous étage constitué d'arbres fruitiers et d'herbes, à condition qu'il soit bien irrigué, a le potentiel d'influencer mieux sur les facteurs climatiques locales.
- Un autre paramètre influençant l'effet de refroidissement, il s'agit de la vitesse du vent. En effet, le rapport entre la vitesse du vent et l'humidité démontre que la vitesse du vent accroît le taux d'évapotranspiration des plantes dans un climat chaud et aride. En outre, l'analyse du profil du vent nous a permis de dégager l'effet de brise vent assuré par l'oasis.
- Néanmoins, la connaissance de l'intensité et la distribution du refroidissement de la palmeraie ne donne pas une indication immédiate des rapports existant entre ces phénomènes et le confort humain. En ce qui concerne l'application des index biométéorologiques dans l'actuelle recherche, nous avons indiqué seulement les paramètres d'ilot de fraîcheur :
  - ✓ L'évolution de l'intensité de la fraîcheur;
  - ✓ Pourcentage journalier des heures de la fraîcheur;
  - ✓ La limite et la dynamique spatiale de la fraîcheur.

## Conclusion générale et recommandations



### **Introduction :**

L'histoire de l'humanité a été tout le temps marquée par l'attachement profond de l'homme à la nature, puisant d'elle ses besoins essentiels nécessaires à sa vie grâce à son labeur quotidien. La technologie moderne a permis à l'homme par le biais des satellites à surveiller l'évolution des différentes taches vertes et leur changement dans le temps. Ces observations peuvent aider les scientifiques à comprendre l'influence des cycles normaux tels que la sécheresse, l'effet des parasites sur la végétation, ainsi que l'exploitation sauvage des forêts. L'urbanisation accélérée de la planète réduit la relation entre l'être humain et le milieu naturel. Malgré cette séparation les végétaux continuent d'offrir des bienfaits écologiques à chaque niveau spatial (global, local et individuel). Cependant, de nombreux spécialistes qu'ils soient écologistes, urbanistes, architectes et paysagistes interviennent dans le sens où la nature est une nécessité urgente dans la vie des villes.

La conception architecturale bioclimatique et environnementale s'inscrit dans la problématique contemporaine, liée à l'aménagement harmonieux du territoire et à la préservation du milieu naturel. Cette démarche constitue la partie prenante du développement durable, elle vise à optimiser le confort des habitants tout en économisant l'énergie et en réduisant ses effets sur l'environnement.

La planification urbaine contemporaine a non seulement échoué dans la réalisation des performances quantitatives, mais elle a également montré des insuffisances sur le plan qualitatif, en générant le problème d'une consommation considérable d'énergie.

L'urbanisation en prenant en compte l'influence des facteurs climatiques n'est pas une invention du 20<sup>ème</sup> siècle. En effet, l'architecture vernaculaire dans les régions chaudes et arides fondée autour de l'oasis constitue une leçon d'adaptation à un environnement assez agressif.

Grâce à la palmeraie, l'habitat ksourien a survécu longtemps, mais malheureusement le manque de soins à cette richesse végétale a engendré la disparition et l'abandon de plusieurs ksours.

L'idée principale de cette recherche vise à mettre en évidence l'effet rafraîchissant de l'oasis ou d'une manière plus claire le rôle de la densité végétale sur la formation du microclimat. Afin d'éclaircir la notion d'îlot de fraîcheur, nous rappelons que notre recherche est scindée en deux parties : une partie théorique et l'autre expérimentale. La première fût entamée par un bref aperçu sur le domaine de l'environnement et de l'écologie. Ensuite, on a traité un

écosystème bien déterminé (Désert & oasis) dont l'intérêt est d'assurer une bonne connaissance et une meilleure compréhension sur la contrainte climatique du désert, et le besoin d'une stratégie d'urbanisation ayant pour objectifs de réduire l'impact du soleil, et de minimiser la violence du vent et d'humidifier l'air.

Par ailleurs, nous avons cité les avantages environnementaux offerts par l'oasis, tout en mettant en relief la relation entre le cadre bâti et la palmeraie. Aussi, on a procédé à une approche approfondie sur l'impact de la végétation sur le microclimat et sa contribution dans la conservation de l'énergie, et ce à l'appui des travaux de recherches déjà effectués. A cela, on a jugé indispensable de présenter quelque donnée de base sur les différentes variantes de plantation du palmier et leurs conséquences.

Dans la partie expérimentale, et ce malgré le manque de moyens d'investigation par exemple le (pyranomètre) pour la connaissance du bilan radiatif à l'intérieur du couvert végétal et les valeurs du rayonnement extérieur afin d'estimer les pertes d'énergie directe lors de la traversée des arbres. Les trois paramètres mesurés sur site (température, humidité, vitesse du vent) nous semblent suffisant pour établir une comparaison entre la palmeraie et le désert.

La campagne de mesures a eu lieu à l'intérieur et en dehors de l'oasis, répartie sur cinq stations: une au milieu de la palmeraie et le reste dans l'espace nu avec des distances de 50m, 100m, 200 m du bord de la palmeraie. Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un instrument portable multi fonctions (LM800) à une hauteur de 1,5m au dessus du sol, à deux heures d'intervalle.

Durant notre recherche, nous avons remarqué que l'effet d'oasis se réfère non seulement à la réduction de la température, mais également à la réduction de rayonnement solaire direct et à la modération de la vitesse de vent. Par conséquent, l'effet d'oasis peut être défini comme suit:

- Le secteur végétal dans une zone aride réduira la température par l'effet combiné de l'humidité accrue et la réduction de rayonnement solaire-
- la stagnation de l'air (vent calme) empêchant les échanges convectifs de l'air entre la palmeraie et l'espace nu.

Le premier résultat obtenu par cette investigation est l'intensité d'îlot de fraîcheur (PCI), qui se traduit par la capacité du couvert végétal dense d'offrir plus d'ombre et un taux important d'humidité.

### **Recommandations :**

Les résultats obtenus sur terrain confirment l'effet rafraîchissant de la densité végétale, cela nous a permis de proposer quelques recommandations jugées utiles à l'intégration et l'aménagement de la masse végétale dans un climat chaud et sec qui consistent en :

- La sensibilisation des responsables, décideur, planificateur et urbaniste sur l'importance à accorder à la densité végétale dans l'aménagement du territoire en général (préservation du patrimoine forestier existant et son extension), et au secteur de l'habitat en particulier.
- La considération que la végétation incluant le palmier dattier seul ne peut pas favoriser la formation d'un microclimat, il faut lui associer d'autres cultures (arbres fruitiers et herbes).
- Le choix d'une trame de plantation uniforme à base carrée de 8mx8m, soit une densité de 156palmier/h avec sous étage constituée d'arbres fruitiers et cultures maraîchères, et ayant une ouverture au ciel de 50%, favorisant l'accès aux ressources naturelles (lumière, eau) nécessaires à la croissance des plantes.
- Le choix de l'orientation des rangs de palmiers doit suivre le sens d'écoulement du vent désirable provenant de la direction nord-ouest afin d'accélérer l'évapotranspiration des plantes, le renouvellement de l'air, et de canaliser la fraîcheur aux espaces environnants.
- La considération du procédé d'irrigation comme élément fondamental dans la croissance de la végétation et source de fraîcheur. En effet, la seguia doit être conçue de manière à empêcher l'évaporation directe de l'eau.
- L'emploi des matériaux ayant une grande capacité de stockage d'énergie solaire (asphalte) doit être évité dans les opérations de viabilisation et de réhabilitation des k'sours. Il est recommandé l'emploi des matériaux locaux pour la sauvegarde du patrimoine architecturale existant.

Enfin, l'oasis par son microclimat agréable constitue un pôle touristique important. Elle a des valeurs inestimables sur le plan écologique, économique, et social.

Les futures planifications urbaines doivent préserver ce patrimoine séculaire plutôt que le remplacer par des masses en béton.

## **Résumé**

A travers les siècles, l'oasis par sa densité végétale a constitué un îlot de survie et de fraîcheur en plein désert. Le micro climat crée est le résultat d'une amitié et de fidélité de l'homme à la terre. Aujourd'hui, cette relation a subi des transformations et a pris d'autres sens et l'image de la majorité de nos villes sahariennes a été renversée. L'air frais, le paysage magnifique, ont connu beaucoup de mutations. Le confort thermique d'été semble être difficile et le recours à la climatisation a des grandes conséquences sur l'économie d'énergie et influe négativement sur l'équilibre écologique, d'où on a tiré l'approche bioclimatique environnementale comme axe de recherche. Cette dernière traite la capacité de la densité végétale (culture en étage) comme élément fondamental de l'écosystème oasien dans le rafraîchissement de l'air et son prolongement dans l'espace environnant. Cette évaluation est concrétisée à la base d'un travail sur terrain, où la température, l'humidité et la vitesse de l'air furent surveillés simultanément durant la période estivale (été 2007), dans cinq stations mobiles une à l'intérieur du couvert végétal et le reste dans le terrain nu jusqu'à une distance de 200m du bord de l'oasis. Les mesures sont prises par instrument mobile multi fonctions à intervalles de deux heures. Seulement les résultats du jour le plus chaud ont été commentés. La comparaison entre les données de la station située à l'intérieur de la palmeraie et celle dans le désert nous a donné la grandeur et l'évolution du PCI (palm grove cooler island) ainsi le volume horaire de cette fraîcheur.

**Mots clés :** l'environnement, oasis, désert, microclimat, densité végétale, rafraîchissement

## **Abstract:**

With through the centuries, the oasis by its vegetable density constituted a small island of survival and freshness in full desert. The micro-climate creates is the result of a friendship and fidelity of the man to the ground. Today this relation underwent transformations and took other directions and the image of the majority of our Saharan cities was reversed. The fresh air, the splendid landscape, knew many changes. The thermal comfort of summer seems to be difficult and the recourse to air-conditioning has great consequences on the energy saving and influences negatively the ecological balance, from where one drew the environmental bioclimatic approach like research orientation. This last draft the capacity of the vegetal density (*culture* in stage) like fundamental element of the oasis ecosystem in the cooling of the air and its prolongation in surrounding space. This evaluation is concretized at the base of a work on ground, where the temperature, moisture and air velocity were supervised simultaneously during the estival period (*summer*2007), five stations are established in the interior of vegetable cover and the open area at a distance from 200m of the edge of the oasis. Measurements are taken by mobile instrument *multi* functions with intervals two hours. Only the results of the hottest day have commented. The comparison between the data of the station located inside the palm plantation and that in the desert us has to give the size and the evolution of the PCI (*palm grove cooler island*) thus the time volume of this freshness.

**Key words:** environment, oasis, desert, microclimate, vegetable density, cooling

**الملخص :**

شكلت الواحة عبر العصور بتعدد و كثافة نباتها جزيرة للحياة في وسط الصحراء , المناخ المصغر المحدث هو نتيجة للصدقة وحب الإنسان للأرض هذه العلاقة التي تحولت اليوم أثرت سلبا على التوازن البيئي لكثير من مدننا الصحراوية ,الهواء النقي و المناظر الخلابة عرفت تحولات كبرى جراء التعمير السريع .إن البحث عن الراحة الحرارية في فصل الصيف يبدو صعب واللجوء الى إستعمال مكيفات الهواء له اثار سلبية على المحيط و الطاقة، من هذا المنطلق أتبعنا منهج البيومناخ البيئي كمحور للبحث.

يناقش هذا البحث قابلية النبات الكثيف (زراعة بطوابق) كعنصر رئيسي داخل النظام البيئي للواحة في تبريد المناخات الموضعية في المناطق الحارة و الجافة ، هذا التقييم محقق عبر عمل ميداني بأخذ قياسات للعوامل المناخية (درجة الحرارة، الرطوبة، وسرعة الهواء) خلال الموسم الصيفي(2007) ، عبر خمسة محطات متحركة واحدة داخل الغطاء النباتي و الباقي في الأراضي الجرداء(إبتداء من حافة الواحة إلى غاية مسافة 200 م) ، باستعمال جهاز متعدد الوظائف و بفارق زمني محدد بساعتين ، فقط النتائج الخاصة باليوم شديد الحرارة التي نقشت و بمقارنة المعطيات المتحصل عليها بين المحطة الأولى و الأخيرة تبين لنا قيمة و تطور شدة التبريد الذي توفره لنا الواحة ، لاسيما حجمه الساعي .

**مفاتيح الكلمات :** البيئة، الواحة، الصحراء، المناخ المصغر، كثافة الغطاء النباتي، التبريد

## Bibliographie

### livres:

- 1- Konya Allan, 1980, Design Primer for Hot Climates, the Architectural Press Ltd, London.
- 2- Olgyay Victor, 1973, Design with Climate, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- 3- IZARD.J.L , 1993,Architecture D'été- Construire Pour Le Confort D'été- édition sud.
- 4- IZARD.J.L ,Alain Guyot , 1979,Archi Bio , éditions parenthèses,Paris.
- 5- P.Daget-M.Gordon, 1972,Vocabulaire de l'environnement ,hachette, paris.
- 6- Encyclopedie Quillet , 1985,Ecologie Générale, Tome 05,Imp Alsacienne,France .
- 7- Encyclopédia Universalis,Soleil E.U,2000
- 8- GDEL, grand dictionnaire encyclopédique, tome 4,Larousse,1983
- 9- Odile paradis, 1979,ecologie,édition decarie,montreal.
- 10- Lamotte.M,Bourlière.F,1978,Problèmes d'écologie,Écosystèmes Terrestres, Masson, Paris.
- 11- Burel. F, Baudry. J, 1999, Écologie du paysage, Concepts, méthodes et applications, édition Tec & Doc, Paris.
- 12- C et P Donnadiou , Het J-M DiDillon, habiter le désert-maison mozabites ,3<sup>eme</sup> édition architecture+recherches,édition Pierre Mardag.
- 13- Cote.M ,2005, Ville et le désert :le bas-sahara algerien,édition karthla et Iremam ,paris
- 14- Baruch Givoni,1998,climate considerations in building and urban design ,john wily &sons,Inc.
- 15- Baruch Givoni ,1998,passive and low energy coolig of building,john wily &sons,Inc.
- 16- Yves Figoli, 1983,l'art de bâtir ,volume I ,édition Modulo canada.
- 17- David.Wright ,1979,soleil,nature,architecture ;édition parenthese.
- 18- Munier.P ,1973,Le Palmier Dattier,G-P.Maisonneuve&Larose ;Paris .
- 19- Toutaine.G, 1979,Element d'agronomie saharienne –de la recherche au développement ;imp Jouve ;France .
- 20 - شفق العوضي الوكيل، محمد عبدالله سراج، 1989، المناخ و عمارة المناطق الحارة، الناشر عالم الكتب، القاهرة.
- 21 - يحي وزيري، 2003، التصميم المعماري الصديق للبيئة(نحو عمارة خضراء)، الناشر مكتبة مدبولي، القاهرة.
- 22- يحي وزيري، 2002، تطبيقات على عمارة البيئة، الناشر مكتبة مدبولي، القاهرة.
- 23- سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف، 1993، العناصر المناخية و التصميم المعماري، جامعة الملك سعود، السعودية.
- 24- محي الدين سلقيني، 1994، العمارة البيئية، دار قابس، سوريا.

**Article ET publication**

- 1- Riou,C, 1990,bioclimatologie des oasis,option méditerranéennes serie A/1, ,les systeme agricoles oasiennes,France.
- 2- Adams, Robert,1979 Adams, Marina, Willens, Alan, and Willens, Ann, Dry land, Man and Plants, St. Martin's Press, Inc., New York.
- 3- P.H Boyer,1978, végétation et écosystème urbain, In Technique &Architecture, n°313.
- 4- Carpenter, Philip; Walker, Theodore; and Lanphear, Frederick, 1975 Plants in the Landscape., W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- 5- Robinette,1972,Plants, People, and Environmental Quality, Gary Editor,Washington.
- 6- Jauregui,E., 1991,Influence of large urban parks on temperature and convective precipitation in tropical cities. Energy and Buildings 15/16, 457.
- 7- S.Stereilling et A.matzarakis, 2003,influence of single and small clusters of tree on the bioclimate of city : a case study, journal of arboriculture .
- 8- Kelly, Kathleen, Schnadelback, Raymond,1976,Landscaping the Saudi Arabian Desert, The Delancy Press, Philadelphia, Pennsylvania.
- 9- McClenon, Charles (Editor),1977 Landscape planning for Energy Conservation, Environmental Design Press, Reston, Virginia.
- 10- Marialena Nikolopoulou the effect of climate on the use of open spaces in the urban environment relation to tourism, centre for renewable energy source
- 11- Moffat, Ann and Schiler, Marc, 1981, Landscape Design that Saves Energy, William Morrow and Company, Inc. New York.
- 12- Saaroni, H., and all , 2004, The mixed results concerning the 'oasis effect' in a rural settlement in the Negev Desert, Palestine, Journal of Arid Environment 58, 234–247.
- 13- Oke,T.R, 1989,The micrometeorology of the urban forest Phil. Trans. R. Soc. Lond,
- 14- Parker, J.H , 1983,Landscaping to reduce the energy used in cooling buildings. J. For.
- 15- Saito,I., O. Ishihara and T. Katayama, 1991,Study of the effect of green areas on the thermal environment in an urban area, Energy and Buildings.
- 16- Akbari, H., Davis, S., Dorsano, S., Huang, J. & Winnett, S., 1992,Cooling our communities: a guidebook on tree planting and light-colored surfacing. Washington.
- 17- Huang, J., Akbari, H., Taha, H. & Rosenfeld, A, 1987,The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings, J. Clim. Appl. Meteorol.
- 18- McPherson, E.G, 1992,Accounting for benefits and costs of urban green space, Landscape and Urban Planning.

- 19- McPherson, E.G, Herrington, L.P. & Heisler, G,1988,Impacts of vegetation on residential heating and cooling,Energy and Buildings.
- 20- Honjo, T. and T. Takakura,1991, Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas,Energy and Buildings, 15-1 6: 433-446.
- 21- Huang, J., H. Akbari, H. Taha and A. Rosenfeld,1987,The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings. J. Clim. & Appl. Meteorol. 26:1103-1106.
- 22- Kielbaso,, J.J, 1993, Urban forestry and quality of life in cities. First Panamerican Forestry Conference. Sept. Curitiba, Brasil.
- 23- McPherson, E.G, and R. Rowntree,1991,The environmental benefits of urban forests, National Research Agenda for Urban Forestry in the 1990's, Int. Soc of Arboriculture: 45-49.
- 24- J.L.Monteith and M.H.Unsworth, 1990, Principles of Environmental Physics, copyright, British Library Cataloguing in Publication Data, 274 p.
- 25- Haralyn G.Jones, 1992,Plants and microclimate a quantitative approach. to environmental plant physiology,Cambridge University, Press.
- 26- C.Varlet Grancher, R.Bonhomme and H.Sinoquet, 1993, Crop structure and light microclimate characterization and applications, editions INRA, Paris, 518p.
- 27- Sellami M.H. and Sifaoui M.S, 1998,Measurement of microclimatic factors inside the oasis: interception and sharing of solar radiation. Renewable Energy, 13(1), 67-76.
- 28- Sellami M.H and Sifaoui M.S, 1999,Modelling solar radiative ft-ansfer inside the oasis. Experimental validation,Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer,63, 85-96.
- 29- Sellami ME and Sifaoui M. S,2003,Estimating transpiration in an intercropping system measuring sap flow inside the oasis, Agricultural Water Management, 59, 191-204
- 30- A.Granier and Denis Loustau, 1994, Measuring and modelling the transpiration of Maritime pine canopy from sap flow data, Agr.For.Méteo, 71, 61-8 1
- 31- Erica Correa and all ,Impact of Urban Parks on the Climatic Pattern of Mendoza's Metropolitan Area, in Argentina,PLEA 2006
- 32- O. Potchter and all, 2008,The oasis effect in an extremely hot and arid climate: The case of southern Palestine, Journal of Arid Environments, 72, 1721– 1733.
- 33- Benhassine .N., 2005,approche théorique sur la notion "d'espace vert", universite mentouri constantine .
- 34- Bencheikh,H.M.F, 1999,the Process of urbanisation and its impact on the urban environnement of the oasis, the case of biskra ,Seminaire biskra .

**Thèses :**

1. Bennadji. A,1999,*adaptation climatique ou culturelle en zones arides cas du sud-est algérien*, Université D'aix-Marseille-Université De Provence, thèse doctorat.
2. Fazia alitoudert,2005,*dependance of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*, freiburg, thèse doctorat.
3. Ahriz .A, 2003,*les liens bioclimatique entre palmier et le cadre bâti dans l'oasis de oued righ*, université de Biskra , mémoire de magistère .
4. proceeding ,Séminaire international Espace saharien et développement durable Biskra le 14, 15 et 16 novembre 2000
5. proceeding ,Séminaire international habiter les déserts Ghardaia le 09-12 décembre 2006

**Site Internet :**

[www.mon.environnement.com](http://www.mon.environnement.com)

<http://terresacree.org/etaplane.htm>

[www.atmosphere.mpg.de](http://www.atmosphere.mpg.de).

[www.lema.ulg.ac.be](http://www.lema.ulg.ac.be)

[www.métébelg.com](http://www.métébelg.com)

[www.squ1.com](http://www.squ1.com)

[www.indiana.edu](http://www.indiana.edu).

[www.garden breiz.org](http://www.garden breiz.org)

[www.nature.jardin.free.fr](http://www.nature.jardin.free.fr)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.reynes.fr](http://www.reynes.fr)

[www .edis.ifas.ufl.edu](http://www .edis.ifas.ufl.edu)

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### LISTE DES FIGURES :

<b>Figure n° 1</b>	Croquis du profil d'îlot de chaleur urbain.....	<b>3</b>
<b>Figure n° 2</b>	Télédétection de La densité végétale par satellite.....	<b>4</b>
<b>Figure n° 1-1</b>	Le cycle de l'eau.....	<b>14</b>
<b>Figure n° 1-2</b>	Facteurs météorologique déterminant ET.....	<b>16</b>
<b>Figure n° 1-3</b>	Eléments du bilan thermique d'une surface non urbaine.....	<b>20</b>
<b>Figure n° 1-4</b>	Grands types de végétations associées aux climats.....	<b>22</b>
<b>Figure n° 1-5</b>	Indice de différence normalisée de la végétation (NDVI).....	<b>24</b>
<b>Figure n° 1-6</b>	Contrôle de l'atmosphère par la végétation.....	<b>25</b>
<b>Figure n° 1-7</b>	Contrôle de l'érosion par la végétation.....	<b>27</b>
<b>Figure n° 1-8</b>	Contrôle du vent par la végétation.....	<b>28</b>
<b>Figure n° 1-9</b>	Contrôle de la température et de la précipitation par la végétation.....	<b>29</b>
<b>Figure n° 1-10</b>	Effets climatiques du déboisement.....	<b>31</b>
<b>Figure n° 1-11</b>	les grands axes du développement durable.....	<b>35</b>
<b>Figure n° 2-1</b>	Les dunes du désert.....	<b>37</b>
<b>Figure n° 2-2</b>	Précipitations annuelles dans le monde.....	<b>39</b>
<b>Figure n° 2-3</b>	les zones arides dans le monde.....	<b>40</b>
<b>Figure n° 2-4</b>	Plante xérophyte adaptée au manque d'eau.....	<b>42</b>
<b>Figure n° 2-5</b>	L'oasis.....	<b>45</b>
<b>Figure n° 2-6</b>	Culture en étage.....	<b>47</b>
<b>Figure n° 2-7</b>	Coupe et plan schématique d'une palmeraie dans le souf (Algérie).....	<b>49</b>
<b>Figure n° 2-8</b>	Schéma synoptique d'une foggara.....	<b>50</b>
<b>Figure n° 2-9</b>	Eaux de ruissellement (seguia).....	<b>50</b>
<b>Figure n° 2-10</b>	Trame d'implantation du palmier.....	<b>51</b>
<b>Figure n° 2-11</b>	Différent emplacement de la palmeraie.....	<b>52</b>
<b>Figure n° 2-12</b>	Figuration schématique du dattier.....	<b>55</b>
<b>Figure n° 2-13</b>	Schéma d'une Palme.....	<b>55</b>
<b>Figure n° 2-14</b>	Représentation schématique de la répartition en profondeur et en largeur des racines d'un palmier- dattier.....	<b>56</b>
<b>Figure n° 2-15</b>	Avantages environnementaux de l'oasis.....	<b>60</b>
<b>Figure n° 2-16</b>	k'sar entourée par la palmeraie.....	<b>62</b>
<b>Figure n° 2-17</b>	Relation palmeraie cadre bâti.....	<b>63</b>
<b>Figure n° 2-18</b>	Position du cadre bâti par rapport a la palmeraie.....	<b>64</b>
<b>Figure n° 2-19</b>	Plantation du palmier dans la cour.....	<b>65</b>
<b>Figure n° 2-20</b>	Plantation du palmier devant la maison.....	<b>65</b>
<b>Figure n° 3-1</b>	Les différentes échelles du climat.....	<b>72</b>
<b>Figure n° 3-2</b>	La forme d'arbre influence fortement le modèle d'ombre.....	<b>76</b>
<b>Figure n° 3-3</b>	La palmeraie.....	<b>79</b>
<b>Figure n° 3-4</b>	Résultat de rapprochement des palmiers.....	<b>81</b>
<b>Figure n° 3-5</b>	Résultat d'espacement entre les palmiers.....	<b>82</b>
<b>Figure n° 3-6</b>	Influence d'un brise-vent sur le vent.....	<b>83</b>

## **LISTE DES FIGURES :**

<b>Figure n° 4-1</b>	Situation de l'Algérie.....	<b>98</b>
<b>Figure n° 4-2</b>	Les zones climatiques d'hiver.....	<b>100</b>
<b>Figure n° 4-3</b>	Les zones climatiques d'été.....	<b>100</b>
<b>Figure n° 4-4</b>	Situation de la ville de Biskra.....	<b>101</b>
<b>Figure n° 4-5</b>	Situation de l'oasis par rapport a la ville de Biskra.....	<b>107</b>
<b>Figure n° 4-6</b>	Dimension de l'oasis de chetma.....	<b>108</b>
<b>Figure n° 4-7</b>	Vue aérienne montrant le k'sar de chetma.....	<b>109</b>
<b>Figure n° 4-8</b>	Taille de la verrière.....	<b>109</b>
<b>Figure n° 4-9</b>	Plantation serrée.....	<b>111</b>
<b>Figure n° 4-10</b>	Plantation espacée.....	<b>111</b>
<b>Figure n° 4-11</b>	La seguia coule vers le sud de la palmeraie.....	<b>112</b>
<b>Figure n° 4-12</b>	Limite du terrain d'expérimentation.....	<b>113</b>
<b>Figure n° 4-13</b>	Trajectoire solaire et direction des vents affectant le site.....	<b>114</b>
<b>Figure n° 4-14</b>	Vue générale sur la palmeraie.....	<b>114</b>
<b>Figure n° 4-15</b>	Instrument de mesure portable.....	<b>116</b>
<b>Figure n° 4-16</b>	L'emplacement des stations de mesures.....	<b>117</b>
<b>Figure n° 4-17</b>	Distance entre les stations.....	<b>117</b>
<b>Figure n° 4-18</b>	Situation de la station S1 .....	<b>118</b>
<b>Figure n° 4-19</b>	Situation de la station S2.....	<b>118</b>
<b>Figure n° 4-20</b>	Situation de la station S3 ,S4 ,S5.....	<b>118</b>
<b>Figure n° 4-21</b>	La tache solaire à 14:00h.....	<b>123</b>
<b>Figure n° 4-22</b>	Vue montrant l'intérieur du k'sar.....	<b>124</b>
<b>Figure n° 4-23</b>	Rafraîchissement nocturne.....	<b>125</b>

## **LISTE DES TABLEAUX :**

<b>Tableau n° 1-1</b>	Valeurs de réflectivité de diverses surfaces.....	<b>19</b>
<b>Tableau n° 2-1</b>	Indice d'aridité bioclimatique des écosystèmes secs.....	<b>38</b>
<b>Tableau n° 2-2</b>	Le genre Phoenix.....	<b>54</b>
<b>Tableau n° 2-3</b>	L'humidité relative dans quelque palmeraie.....	<b>58</b>
<b>Tableau n° 2-4</b>	Fixation de la poussière par les palmes.....	<b>59</b>
<b>Tableau n° 2-5</b>	Evolution de la Palmeraie.....	<b>66</b>
<b>Tableau n° 3-1</b>	Echelle de Beaufort.....	<b>70</b>
<b>Tableau n° 3-2</b>	Humidité relative (%) dans oasis & désert.....	<b>85</b>
<b>Tableau n° 3-3</b>	Mesure des températures dans les oasis.....	<b>85</b>
<b>Tableau n° 3-4</b>	Effets de la végétation sur les températures de l'air.....	<b>87</b>
<b>Tableau n° 3-5</b>	Etudes expérimentales sur l'effet thermique des secteurs verts denses.....	<b>90</b>
<b>Tableau n° 4-1</b>	Caractéristiques de l'instrument de mesure.....	<b>115</b>
<b>Tableau n° 4-2</b>	Mesures de la température de l'air °C pendant la période estivale (été 2007)...	<b>119</b>
<b>Tableau n° 4-3</b>	Mesures de l'humidité relative de l'air pendant la période estivale (été 2007).	<b>119</b>
<b>Tableau n° 4-4</b>	Mesures de la vitesse de l'air (m/s) pendant la période estivale (été 2007).....	<b>119</b>

## **LISTE DES GRAPHES :**

<b>Graphe n°3-1</b>	L'épargne de la consommation de l'électricité par la végétation.....	<b>87</b>
<b>Graphe n°3-2</b>	Comparaison des charges de refroidissement par rapport à l'éloignement du parc.....	<b>88</b>
<b>Graphe n°4-1</b>	Température de l'air extérieur. Période « 1997-2007».....	<b>102</b>
<b>Graphe n°4-2</b>	Humidité relative (%) période « 1997-2007».....	<b>103</b>
<b>Graphe n°4-3</b>	Précipitation en (mm) période « 1997-2007».....	<b>104</b>
<b>Graphe n°4-4</b>	Vitesse du vent (m/s) période « 1997-2007».....	<b>105</b>
<b>Graphe n°4-5</b>	Répartition des terres dans l'oasis.....	<b>110</b>
<b>Graphe n°4-6</b>	Variation de la température de l'air pendant la période estivale (été 2007).....	<b>120</b>
<b>Graphe n°4-7</b>	Evolution de l'écart de température entre la station S1 et S5 pendant la période estivale (été 2007).....	<b>126</b>
<b>Graphe n°4-8</b>	Evolution de l'écart de température entre la station S1 et S4 pendant la période estivale (été 2007).....	<b>126</b>
<b>Graphe n°4-9</b>	Evolution de l'écart de température entre la station S1 et S3 pendant la période estivale (été 2007).....	<b>127</b>
<b>Graphe n°4-10</b>	Evolution de l'écart de température entre la station S1 et S2 pendant la période estivale (été 2007).....	<b>127</b>
<b>Graphe n°4-11</b>	Pourcentage des heures d'intensité de la fraîcheur pendant la période estivale (été 2007).....	<b>128</b>
<b>Graphe n°4-12</b>	Variation de l'humidité relative de l'air pendant la période estivale (été 2007).....	<b>129</b>
<b>Graphe n°4-13</b>	Evolution de l'écart de l'humidité relative entre la station S1 et S5 pendant la période estivale (été 2007).....	<b>130</b>
<b>Graphe n°4-14</b>	Illustration de l'effet de la vitesse de vent sur l'évapotranspiration dans climat chaud –sec et chaud- humide.....	<b>130</b>
<b>Graphe n°4-15</b>	Variation de la vitesse du vent pendant la période estivale (été 2007).....	<b>131</b>
<b>Graphe n°4-16</b>	profil de la température, humidité, vitesse de l'air dans la station S1 pendant la période estivale (été 2007) .....	<b>132</b>
<b>Graphe n°4-17</b>	Profil de la température, humidité, vitesse de l'air dans la station S5 pendant la période estivale (été 2007).....	<b>132</b>