



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ORAN2 AHMED BEN AHMED  
FACULTE DE SCIENCE DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE ET D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRES  
Option : changement climatique et adaptation

**Mémoire de master**

**Présenté par : RAJA SOULEF**

**Sous la direction de : MUSTAFA CHACHOUA Oran2**

LA TRAME VERTE/BLEUE DANS L'AGGLOMERATION  
ORANAISE : UNE NOUVELLE STRATEGIE DE PLANIFICATION  
TERRITORIALE POUR UNE MEILLEURE ADAPTATION AU  
CHANGEMENT CLIMATIQUE

**Devant le jury composé de :**

<b>Président :</b>	<b>Mr BELMAHI NADIR</b>	<b>Oran2</b>
<b>Examinatrice :</b>	<b>Mme MIDOUN FATIHA</b>	<b>Oran2</b>
<b>Examinatrice</b>	<b>Mme AIT MENGUELLAT ZOULIKHA</b>	<b>Oran2</b>

**Soutenu le : Dimanche 09/10/2016**

## **REMERCIEMENTS**

Je remercie d'abord ALLAH le tout puissant qui m'a guidé et qui m'a donné la force, la patience et la volonté de réaliser ce travail. La conception de ce mémoire, a été source d'une satisfaction intense tant elle m'a permis d'intensifier mon désir de travailler dans le domaine de la recherche.

Mr CHAACHOUA M. directeur de ce travail, m'a accueillie et permis d'effectuer ce travail ; il m'a donné cette opportunité et je lui en suis sincèrement reconnaissante. Je le remercie vivement pour sa rigueur, sa disponibilité, ses conseils, ses valeurs éthiques et morales, sans lesquelles ce travail n'aurait pas pris et eu le même sens.

Mes remerciements vont également aux membres de jury, Mr Belmahi N. d'avoir accepté de présider le jury, Mme Ait Menguellat ainsi que Mme Midoune F pour leur contribution scientifique à l'évaluation de ce travail. Qu'ils trouvent ici, en mon nom, ma reconnaissance la plus sincère.

De même, un grand merci A.Dehni expert géomaticien, pour son extrême sympathie, sa présence et ses conseils en traitement d'images satellitaires notamment. Je remercie également Mr CHIKH directeur du laboratoire Géomatique au niveau du CTS pour son accueil dans l'enceinte de cette structure. Evaluation des données de télédétection pour l'identification et la caractérisation des continuités écologiques

J'y associe le bureau d'étude URBAB ainsi que toute l'équipe en particulier Ouansse Tahar qui m'ont permis d'intégrer leur bureau lors de périodes ponctuelles.

Il me reste à ne pas oublier de remercier tant de personnes, que je ne peux nommer, de peur d'en oublier, que toutes sachent qu'elles sont bien présentes dans mon esprit et dans mon cœur.

Un grand merci à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

## Table des matières

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>6</b>
1/ problématique générale .....	7
2/ contexte et problématique spécifique .....	8
3/ Démarche et méthode d'approche.....	9
4/ Les grandes étapes de recherche.....	9
<b>PREMIERE PARTIE : LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : UNE NOUVELLE DIMENSION DANS LA RECHERCHE URBAINE ET TERRITORIALE.....</b>	<b>11</b>
Introduction.....	12
1/ le changement climatique : entre aspect physique et dimensions humaine et territoriale.....	12
2/ De l'atténuation à l'institutionnalisation de l'adaptation au changement climatique .....	13
3/ La question du changement climatique en Méditerranée et au Maghreb : quelle place dans la recherche urbaine et territoriale ?.....	16
Introduction.....	21
<b>DEUXIEME PARTIE : VILLE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE : HISTOIRE, INFLUENCES, ET INTERACTIONS .....</b>	<b>20</b>
Introduction .....	23
<b>CHAPITRE 1 : VILLE ET CLIMAT INTERACTIONS ET INFLUENCES RECIPROQUES... 22</b>	<b>22</b>
1-1/ ville et climat : quelles interactions ? .....	23
1-2/ La conception de la ville sous l'influence climatique : historique .....	23
1-3/ Organisation urbaine et formes urbaine: résultat et conséquences du climat local ? .....	25
1-4/ L'influence de la ville sur l'environnement.....	26
Conclusion .....	27
Introduction : .....	29
<b>CHAPITRE 2 : LA VILLE DU 21 EME SIECLE ENTRE DEFIS DE DEVELOPPEMENT ET PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION CHANGEMENT CLIMATIQUE.....</b>	<b>28</b>
2-1/ la ville moderne : entre impératif de développement et prise en compte de la durabilité .	29
2-2/ La ville exposée aux aléas du changement climatique.....	30
2-3/ L'évolution prévisible du climat au cours de ce siècle.....	30
2-4/ principaux impacts du Changement climatique sur les villes.....	31
2-5/ principaux impacts du changement climatique sur les villes.....	32
2-5-1/ Ilot de chaleur urbain : principal indicateur du changement climatique en milieu urbain ..	32
2-5-2/ le phénomène et ses impacts :.....	33
2-5-3 / Causes de l'ICU (îlot de chaleur urbain) .....	34
Conclusion .....	38
<b>CHAPITRE 3 : LE RETOUR DE LA NATURE EN VILLE COMME STRATEGIE D ADAPTATION DES VILLE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE .....</b>	<b>40</b>
<b>VILLE ET CLIMAT INTERACTIONS ET INFLUENCES RECIPROQUES .....</b>	<b>40</b>
Introduction .....	41
3-1/ Le grand public à la recherche de techniques d'adaptation au changement climatique : de La climatisation artificielle à la climatisation naturelle .....	41

<b>3-2/ La végétation urbaine : le grand retour de la nature en ville</b> .....	42
<b>3-2-1/ Rôle de la végétation urbaine :</b> .....	43
<b>3-3/ la végétalisation : entre techniques, stratégies, et projets urbain</b> .....	45
3-3-1 Différentes typologies de végétation mises en œuvre en ville .....	45
3-3-2/ Etat des lieux des études existantes .....	45
<b>3-4/ Evolution de la place du végétal dans la ville : de l'espace vert à la structure verte</b> .....	49
3-4-1/ De l'espace vert à la structure verte .....	50
3-4-2/ La structure verte en tant qu'équipement polyvalent .....	50
<b>Conclusions :</b> .....	51

## **TROISIEME PARTIE : APPROCHE ANALYTIQUE DU POTENTIEL DE LA TRAME VERTE/ BLEUE ORANAISE ..... 52**

### **CHAPITRE4: L'ASPECT DU GROUPEMENT URBAIN D'ORAN ..... 53**

<b>Introduction</b> .....	54
<b>4-1/ Le groupement urbain d'Oran</b> .....	54
<b>4- 2/ De la ville à l'aire métropolitaine</b> .....	55
<b>4-3/ Instruments de la planification et de l'aménagement du G.U.O</b> .....	56
<b>4-4/ Amélioration de la planification de l'aménagement urbain : conciliation entre objectifs économique, sociaux, et environnementaux</b> .....	57
<b>4-5/ Un climat méditerranéen chaud et sec</b> .....	58
4-5-1/ Un déficit pluviométrique.....	58
4-5-2/ Les températures sont élevées. ....	58
<b>4-6 / Les risques naturels et technologiques</b> .....	59
4-6-1/ les risques naturels.....	59
4-6-2/ Les risques technologiques .....	59

### **CHAPITRE 5 : GROUPEMENT URBAIN D'ORAN : QUEL EQUILIBRE ENTRE LE MINERAL ET LE VEGETAL ..... 61**

#### **VILLE ET CLIMAT INTERACTIONS ET INFLUENCES RECIPROQUES ..... 61**

<b>5-1/ Environnement</b> .....	62
5-1-1/ Un milieu naturel fragilisé par la pression urbaine .....	63
5-1-2/ Des espaces forestiers agressés par l'emprise urbaine .....	63
<b>5-2/ Des zones humides menacées</b> .....	64
5-2-1/ Dayet Morsli .....	64
5-2-2/ La Grande Sebkha d'Oran, un espace écologique de dimension mondiale .....	64
<b>5-3/ Les espaces verts : une offre insuffisante</b> .....	65
<b>Conclusion :</b> .....	67

#### **CHAPITRE 6 : TRAME VERTE / BLEUE : UNOUTIL ALLIANT PRESERVATION DE BIODIVERSITE ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ..... 68**

<b>6-1/ Aperçu historique de la ceinture verte</b> .....	69
<b>6-2/ La Trame verte et bleue, un réseau écologique pour la préservation de la biodiversité</b> .....	70
<b>6-3/ Un outil d'aménagement du territoire</b> .....	71
<b>Conclusion</b> .....	71

#### **CHAPITRE 7: VERS UNE TRAME ..... 73**

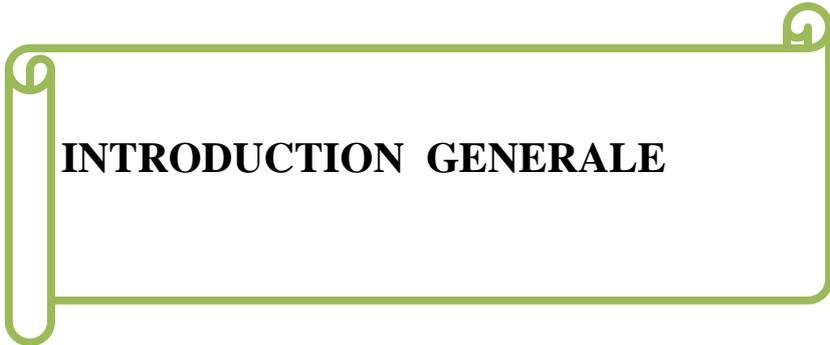
#### **VERTE / BLEUE ORANAISE ..... 73**

#### **TRAME VERTE / BLEUE : UNOUTIL ALLIANT PRESERVATION DE BIODIVERSITE ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE..... 73**

<b>Introduction :</b> .....	74
<b>7-1/ Trames et échelles</b> .....	74
<b>7-2/ DEMARCHE :</b> .....	76
7-2-1/ Données topographiques :.....	76
7-2-2/ Données satellitaires .....	77
7-2-3/ Logiciels utilisés .....	77

<b>7-3/ Organisation du travail</b> .....	78
7-3-1/ Extraction sur la zone d'étude : wilaya d'Oran .....	78
7-3-2/ cartographie générale d'occupation du sol : .....	79
7-3-3/ carte des Pentes.....	79
7-3-4/ La Direction des écoulements :.....	82
7-3-5/ la couverture végétale :.....	83
7-3-6/ simulation de corridors et réservoirs de biodiversité .....	87
7-3-7/ Réalisation de la carte thermique de surface : .....	89
<b>7-4 /Résultats</b> .....	91

<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>92</b>
----------------------------	-----------



## **INTRODUCTION GENERALE**

L'urbanisme est en mesure de contribuer à améliorer la qualité environnementale dans les villes et à un niveau plus global, à travers la définition de nouvelles bases de conception qui établissent le lien avec le milieu naturel.

Dans ce sens le concept d'un urbanisme qui prenne en compte le climat semble être une alternative prometteuse pour garantir une durabilité, puisque le climat est une des composantes les plus importantes du milieu naturel en matière de conception architecturale.

Le défi majeur de l'urbanisme pour les prochaines décennies, est de trouver un compromis entre un développement inévitable des villes et un environnement urbain de grande qualité.

En effet, le débat autour des graves problèmes environnementaux soulevés à l'échelle mondiale (changement climatique négatif, effet de serre, pollution, etc.) met en avant la responsabilité des villes dans cette situation et le rôle déterminant que peut jouer la conception urbaine pour réaliser un développement durable (F. Ali TOUDERT, « Méthodologie d'intégration de la dimension climatique en urbanisme »),

Par ailleurs, le changement climatique apparaît comme un des problèmes les plus inquiétants que connaît l'environnement de notre planète. Le GIEC utilise le terme « changement climatique » pour tout changement de climat dans le temps, qu'il soit du à la variabilité naturelle ou aux activités humaines.

Cette définition diffère de celle des Nations unies sur les changements climatiques, dans laquelle le changement climatique s'applique à un changement de climat attribué directement ou indirectement aux activités humaines qui modifient la composition de l'atmosphère dans son ensemble et qui s'ajoute à la variabilité naturelle du climat constatée sur des périodes de temps comparable (Rapport du Groupe de travail II - Conséquences, adaptation et vulnérabilité)

De nombreuses données démontrent que le climat mondial s'est réchauffé au cours des 150 dernières années. La hausse de température n'a pas été constante ; des cycles de réchauffement et de refroidissement se sont succédé à des intervalles de plusieurs décennies.

Néanmoins, la tendance à long terme est au réchauffement planétaire net. Par suite de ce réchauffement, les glaciers alpins diminuent, le niveau de la mer augmente et les zones climatiques bougent.

## **1/ problématique générale :**

Si le phénomène de changement climatique est un problème environnemental planétaire, les effets se manifestent de l'échelle globale jusqu'au niveau très local.

Et malgré les incertitudes durables sur la nature et l'ampleur des changements locaux du climat, différentes formes d'injonction législative et politique incitent aujourd'hui les acteurs locaux à intégrer les effets des CC dans leurs politiques au sein de l'action locale.

Les modalités de construction de ces adaptations aux changements climatiques restent encore largement méconnues.

Le travail développé ici vise à caractériser la prise en compte des effets des changements climatiques (CC) par l'action locale : « l'échelle d'observation privilégiée pour appréhender la question de l'adaptation locale à un problème global ».

Il cherche à comprendre comment la question de l'adaptation aux changements climatiques (ACC), posée aux niveaux international et national comme une préoccupation majeure, est traduite et déclinée à l'échelle des territoires.

Les villes ont sans cesse besoin de nouveaux espaces pour construire, et les milieux naturels en sont les premières victimes. La question de la protection des espaces naturels face à l'aggravation des pressions urbaines est au cœur des préoccupations actuelles.

Il s'avère que l'expansion des grandes villes algérienne comme Alger, Oran ou Constantine, s'est faite en direction des périphéries, au détriment dans certaines configurations, des espaces naturels.

Ceci suggère de commencer par la mise en place de mesures d'adaptation sans regret, qui permettent d'améliorer la situation existante des villes et de générer des coûts-bénéfices intéressants, tout en réduisant la vulnérabilité future au changement climatique.

L'analyse sur la trame verte et bleue révèle des préoccupations à l'échelle locale, où la question va être examinée en termes de développement durable.

Il s'avère, en effet, nécessaire de mettre en place une stratégie claire de développement qui, pour le cas de la ville d'Oran, doit tenir compte de sa vocation, de ses potentialités, de ses caractéristiques climatiques, ainsi que ses moyens politiques et financiers, elle doit permettre l'attribution plus claire d'un statut urbain aux espaces naturels périurbains.

C'est la compréhension des modalités de déclinaison territoriale et opérationnelle de l'adaptation aux changements climatiques qui constitue le cœur de ce travail, en essayant de démontrer le rôle du couvert végétale et bleu dans la planification urbaine.

Les superficies urbanisées progressent beaucoup plus vite que le nombre des habitants, notamment dans les métropoles méditerranéennes, la croissance urbaine, récente, rapide et diffuse, expose les espaces verts à de nombreux inconvénients de son voisinage urbain, et l'éprouve avec de multiples difficultés de fonctionnement (vandalisme des cultures, conflits de voisinage souvent liés à des problèmes environnementaux tels que la dégradation de matériels, la destruction des réseaux d'irrigation, le pâturage illicite, le piétinement de parcelles, la circulation de véhicules, etc).

On assiste à une invasion du béton, ce qui s'oppose entièrement aux finalités du développement durable, qui signifie d'abord, la conservation des ressources naturelles renouvelables et des écosystèmes et consolidation des systèmes de production en vue de satisfaire les besoins liés au développement en constante progression, visant ainsi un développement économiquement durable, écologiquement sain et socialement équitable.

## **2/ contexte et problématique spécifique :**

L'approche va consister d'une part à effectuer une recherche approfondie de données sur la trame verte & bleue urbaine, son influence par la ville, la nécessité de sa conservation et de contenir l'étalement urbain, favorisant le développement durable, et dans le contexte d'adaptation au changement climatique.

Cette réflexion est susceptible de permettre d'identifier une problématique qui se pose pour l'aménagement urbain à Oran, qui va être choisie pour le cas d'étude, et de dégager de nombreuses pistes de travail, ayant l'objectif d'apporter quelques éclaircissements à la notion d'aménagement urbain, de montrer la valeur de corridors verts et son apport, qui émerge comme une stratégie pertinente dans un double objectif, de conserver l'espace périurbain, et de retisser les liens entre la ville et le rural, en témoignant des différents outils, des

connaissances acquises à travers une recherche bibliographique diversifiée, et quelques expériences des villes du monde.

### **3/ Démarche et méthode d'approche :**

Cette recherche s'inscrit dans le champ de l'aménagement de l'espace et de l'urbanisme. Nous interrogeons ainsi les effets de l'intégration de l'ACC sur les pratiques d'aménagement aux échelles régionales et locales, en considérant ces pratiques à la fois comme processus de décision et de modes de conception des espaces : L'objectif est donc double.

Il s'agit d'une part de comprendre comment se construit et se formule, sur un territoire, l'action climatique d'adaptation comme réponse au problème climat ; d'autre part, d'identifier les interactions entre les exercices de planification spatiale et la question de l'ACC.

Le mémoire suit ainsi deux lignes directrices portant d'un côté sur le processus de formulation locale de l'ACC et de l'autre, sur l'analyse du contenu et de la percolation des exercices de planification spatiale par l'ACC.

### **4/ Les grandes étapes de recherche :**

Notre travail sera entamé par une introduction générale contenant un constat, la problématique du rôle de la trame verte&bleue dans l'aménagement des territoires avec les questionnements et les problématiques secondaires qui en découlent, et les hypothèses que nous pouvons émettre.

La première partie, introductive qui s'appuie sur une méthode documentaire et bibliographique, conceptuel considérant le changement climatique comme une nouvelle dimension dans la recherche urbaine et territoriale.

Elle traite les aspects physiques, humaines, et territoriales du changement climatique ; ces aspects nous emmènent à dépasser l'atténuation au point d'institution de l'adaptation au changement climatique.

La deuxième partie liée au cadre théorique visant les influences ainsi que les interactions dans l'histoire du climat de la ville.

Cette partie englobe trois chapitres allant des interactions et influences réciproques entre ville et climat, jusqu'aux défis de développement de la ville moderne et la prise en compte de la dimension CC.

Le chapitre 3 révèle le retour de la nature en ville comme stratégie d'adaptation au changement climatique.

La troisième partie, est consacrée au diagnostic du cas d'étude Oranais. Il s'agit d'analyser le potentiel des espaces naturels à l'échelle métropolitaine, en prenant en considération les démarches de planification urbaine de l'ONU-HABITAT de manière générale ensuite à l'échelle de la wilaya d'Oran à l'aide du PDEAU d'Oran dans un chapitre intitulé « l'aspect de la ville ».

En dernier, la trame verte est considérée comme étant un outil alliant préservation de la biodiversité et aménagement des territoires ; le chapitre final englobe la démarche et l'organisation de travail afin de révéler une nouvelle trame intercommunal de la wilaya afin :

- de voir la situation actuelle de la trame verte&bleue périurbaine et son degré d'influence par l'étalement urbain et les conséquences qui résultent,
- de constater les différences entre la trame verte protégée dans le PDEAU et celle obtenue à partir des traitements SIG
- Simulations de réservoirs de biodiversité, ainsi que de corridors
- de pouvoir sortir avec un bilan final qui confirme ou infirme la faisabilité d'une trame verte&bleue aux portes oranaises.

Pour répondre à notre problématique initiale,

Le mémoire se terminera par une conclusion générale qui vérifie les hypothèses, la réponse aux questions de la problématique principale et celles de la problématique secondaire, pour finir avec des visions et perspectives d'une recherche future.

**Première partie : le changement climatique : Une nouvelle dimension dans la recherche urbaine et territoriale**

## **Introduction**

Les changements climatiques constituent à la fois un élément emblématique des problèmes environnementaux globaux et un enjeu historique du développement durable. Si l'effet de serre est d'abord un phénomène naturel, ayant permis le développement de la vie sur Terre, il apparaît aujourd'hui modifié sous l'influence des activités humaines qui contribuent à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère.

C'est cette «dérive anthropogénique de l'effet de serre » qui traduit l'impact écologique global du développement de l'humanité depuis la révolution thermo-industrielle (Grinevald, 1990) et que nous appelons « changements climatiques ».

Ces derniers sont définis dans la Convention Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) comme « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables (GIEC, 2007).

Les avancées récentes sur l'évolution du climat participent au constat d'une accélération des changements environnementaux planétaires et fondent la prise de conscience grandissante des pressions anthropiques globales pesant sur les sociétés.

Les phénomènes croissants d'urbanisation, de démographie et de production économique, combinés à la révélation de changements environnementaux globaux, rendent de plus en plus complexes les possibilités d'appréhender le réel, et l'avenir de moins en moins prévisible.

### **1/ le changement climatique : entre aspect physique et dimensions humaine et territoriale**

La circularité des problématiques environnementales est ainsi rappelée avec force : les sociétés humaines s'exposent aux conséquences des dégradations écologiques et du forçage climatique générées par les sociétés industrialisées elles-mêmes.

En mettant en évidence les relations déséquilibrées entretenues avec une nature désormais modifiée, le changement anthropique du climat vient ainsi rappeler avec acuité la puissance destructrice du mythe prométhéen de maîtrise absolue de la Nature.

Il repose également les questions d'inégalités spatiales (entre les territoires) -par la déconnexion des causes et des effets du changement climatique notamment et temporelles (entre les générations)-liée à l'inertie du système climatique associée aux longues durées de vie des gaz à effet de serre (plus de 100 ans pour le dioxyde de carbone).

Selon le GIEC, le réchauffement du système climatique est sans équivoque, comme en attestent l'augmentation observée des températures de l'océan, la fonte de neige et de glace ou encore l'élévation du niveau moyen de la mer (GIEC, 2007).

Globalement, la température moyenne de l'atmosphère a augmenté au niveau mondial +0,6°C en moyenne linéaire sur le siècle dernier (1901-2000) et +0,74°C sur les 50 dernières années (1956-2005)], avec des variations sensibles selon les régions du globe<sup>2</sup>. Le niveau de la mer a augmenté [+1,8 mm/an en moyenne entre 1961 et 2003, et +3,1 mm/an en moyenne entre 1993 et 2003] avec la dilatation thermique des océans (pour 57%), la fonte des glaciers et des calottes glaciaires (pour 28 %), et la rétraction des nappes glaciaires polaires.

La couverture neigeuse a diminué [environ -2,7% par décennie dans l'Antarctique, avec un recul plus marqué en été -7,4% par décennie, depuis 1978], les régimes des précipitations ont globalement changé avec une déclinaison différenciée selon les régions du globe, les fréquences et intensités des événements extrêmes semblent avoir évolué au cours des cinquante dernières années.

Au delà de ces observations des impacts passés du changement climatique, des scénarios établis par le GIEC fournissent des fourchettes d'évolutions du climat pour le siècle à venir en fonction des trajectoires de développement retenues aujourd'hui par nos sociétés.

Ainsi, les projections de réchauffement de l'atmosphère, par exemple, varient entre 1 et 6°C selon les scénarios (GIEC, 2007)

En effet, quels que soient les efforts fournis aujourd'hui pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (qu'ils soient nuls ou considérables), la tendance climatique pour les cinquante prochaines années serait très probablement la même d'après les modèles.

Les évolutions de la température de l'air commenceraient seulement à diverger durant la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. Egalement, « le réchauffement et l'élévation du niveau de la mer dus à l'homme continueraient pendant des siècles à cause des échelles de temps associées aux processus climatiques et aux rétroactions, même si les concentrations des gaz à effet de serre étaient stabilisées » (GIEC, 2007).

Par ces effets d'inertie propres au système climatique, les quantités de gaz à effet de serre émis jusqu'à aujourd'hui induisent inéluctablement, et indépendamment des efforts fournis aujourd'hui, une évolution des conditions climatiques actuelles auxquelles les sociétés doivent désormais s'adapter, à des degrés toutefois divers selon les territoires (variabilité spatiale), et le niveau d'atténuation atteint (variabilité temporelle).

## **2/ De l'atténuation à l'institutionnalisation de l'adaptation au changement climatique :**

Si les premières publications sur le changement climatique datent du XIX<sup>e</sup> siècle, la problématique du changement climatique fait explicitement l'objet de préoccupations institutionnelles depuis la création du GIEC en 1988 et le sommet de la Terre et la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques (CNUCC) en 1992.

Le changement climatique d'origine humaine a été reconnu, à la suite d'une expertise internationale via les rapports du GIEC et de négociations politiques, comme un problème environnemental planétaire justifiant une action concertée des États.

En réponse à ce problème, les pouvoirs publics ont formulé des politiques climatiques, c'est-à-dire des actions mises en œuvre à leur initiative et revendiquées comme solutions pour limiter voire résorber le phénomène de CC.

L'objectif initialement formulé par les Nations-Unies était de « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ».

Et la CCNUCC de préciser qu' « Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable».

Les premières réponses formulées par les pouvoirs publics pour contenir le problème climat ont ainsi d'abord cherché à réduire le phénomène en s'attaquant à la cause, c'est-à-dire en atténuant les émissions de GES dues aux activités de l'homme.

A ces politiques dites d'atténuation, s'est ajoutée progressivement, suite aux différents rapports du GIEC et aux manifestations des changements climatiques, une deuxième réponse politique visant à prendre en compte et à anticiper les effets des dérèglements climatiques qui se manifestent et se manifesteront sur les espaces et les sociétés sous des formes diverses, en dépit d'une réduction massive ou d'un arrêt des émissions anthropiques de GES.

Il s'agit ainsi de façon complémentaire au volet d'atténuation, d'adapter les sociétés aux impacts, observés et potentiels, des changements climatiques (volet adaptation).

Pour le dire autrement, c'est par la reconnaissance de l'insuffisance des politiques d'atténuation qu'est formulée la réponse d'adaptation : l'inertie du système climatique et l'irréversibilité du phénomène en cours rendent inéluctables les effets des CC sur les territoires –à des degrés toutefois variables selon les efforts fournis en termes de réduction des émissions anthropiques de GES.

Nous reprendrons ainsi la définition du GIEC et désignerons par le terme d'adaptation aux changements climatiques l'ensemble des démarches et actions visant l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse aux changements climatiques ainsi qu'aux impacts potentiels des politiques climatiques, afin de réduire les effets négatifs et d'exploiter les opportunités (IPCC, 2001).

Si l'atténuation et l'adaptation constituent les deux volets complémentaires formulés collectivement en réponse au problème climat, les attentions qui leur ont été portées n'ont pas été équivalentes.

Longtemps parent pauvre des mobilisations institutionnelles sur le changement climatique, que ce soit lors du protocole de Kyoto ou des publications du GIEC, la question de l'adaptation émerge tardivement du point de vue de sa mise à l'agenda international, européen et national.

Au niveau international, le sommet de Cancun a été le plus significatif dans la prise en compte des effets du changement climatique en adoptant un plan d'action pour l'adaptation –the Cancun Adaptation Framework– dans le cadre des accords de Cancun conclus à la 16e conférence des parties sur le climat au Mexique en 2010.

Au niveau européen, « les réflexions sur l'adaptation sont engagées dès 2005, notamment avec la mise en place par la Commission d'un groupe de travail « European Climate Change Programme – Working Group II- Impacts and adaptation » aboutissant à la rédaction d'un livre vert (CEE, 2007) puis d'un livre blanc (CCE, 2009) » (Bertrand, 2010).

En France, la Mission Interministérielle sur l'Effet de Serre (MIES) est créée en 1992 suite à la conférence de Rio, mais il faut attendre le début des années 2000 pour que s'organise une politique de lutte contre le changement climatique effectif :

- création de l'Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique (2001),
- élaboration du Plan Climat National (2004), et de la Stratégie Nationale d'Adaptation (2006),
- et plus récemment l'élaboration d'un Plan National d'Adaptation (2011).

Le retard relatif de la saisie politique de l'adaptation s'explique en partie par l'attention initialement portée dans le cadre des négociations politiques internationales sur la stabilisation des émissions de GES dans l'atmosphère, qui fit alors de l'atténuation l'objet de la plupart des réflexions à la fois scientifique et politiques.

Par ailleurs, la dimension locale de la lutte contre le problème climat n'a pas été considérée dès le départ par les politiques formulées aux échelles internationale et nationale, malgré le célèbre « penser global, agir local »<sup>1</sup>. En France, tout au long des années 1990, la politique en matière de changement climatique se structure ainsi en l'absence des collectivités territoriales.

Il faut attendre les années 2000 et la création des outils « plans climat-énergie territoriaux » pour que les politiques climatiques incluent une dimension locale et que les collectivités se saisissent de cette problématique. Elles prennent en compte le problème climat d'abord de manière volontaire, principalement autour de l'atténuation, puis ensuite de manière davantage règlementaire.

De façon similaire à l'échelle internationale, la question de l'adaptation apparaît sur la scène locale le plus souvent après l'atténuation. Toutefois, les évolutions législatives récentes (lois dites « Grenelle » de 2009 et 2010), rendant obligatoires la réalisation des plans climat-énergie territoriaux (pour les collectivités de plus de 50 000 habitants) et l'élaboration des schémas régionaux climat-air-énergie, annoncent une généralisation de la prise en charge de l'enjeu climatique et du volet adaptation au niveau de l'action territoriale.

Cette évolution législative a introduit des obligations de moyens ainsi que des objectifs et des normes pour l'atténuation (bâtiment de basse consommation (BBC), rénovation thermique, développement de l'éolien...).

Pourtant, si des incertitudes perdurent sur l'ampleur du phénomène et la caractérisation fine des conséquences du CC, les observations montrent des conséquences notables sur les territoires : déplacement des espèces, élévation du niveau de la mer, changement des régimes de précipitation, augmentation du nombre d'arrêtés de catastrophes naturelles, baisse des niveaux d'enneigement des massifs, fonte des glaciers...

Des changements sont observés et impactent déjà certaines économies locales (sylviculture, viticulture, tourisme hivernal...), ainsi que l'environnement (modification des milieux) et certaines infrastructures (routes inadaptées à de fortes chaleurs, problème de dimensionnement des réseaux,...).

Ces observations, associées aux projections proposées par les modèles climatiques indiquent que ces modifications, parfois majeures et irréversibles sur les territoires, peuvent être anticipées de manière à en limiter les dommages sur les populations et les biens ainsi que les coûts de réparation.

Les caractéristiques des territoires influencent largement l'ACC locale. Les modes d'appréhension du problème climat sont liés aussi bien aux conditions géomorphologiques (climat, vents, sols, hydrologie...) qu'aux contextes socio-économiques (populations, cultures, valeurs locales, économie locale, ressources politiques, structuration institutionnelle...) du territoire.

Si l'on considère qu'« organiser l'espace national et aménager le territoire consiste à élaborer une politique dont l'objectif est de rechercher une répartition géographique optimale des activités économiques et sociales en fonction des diverses ressources naturelles, culturelles et humaines » (Alcaud et al., 2010 : 470), la problématique de l'adaptation aux

changements climatiques semble ainsi en capacité d'interroger les politiques locales d'aménagement.

Le domaine de l'aménagement du territoire apparaît directement concerné par ces dérèglements climatiques. C'est en ce sens que l'action publique locale semble jouer un rôle majeur dans la gestion des changements climatiques et la mise en œuvre de l'adaptation en particulier<sup>1</sup> (Davoudi et al. 2010), à travers le déploiement d'une approche territoriale (Hallegate et al. 2010).

Si la déclinaison locale de l'ACC apparaît nécessaire, sa mise sur agenda et sa mise en œuvre locale apparaissent difficiles, comme en témoigne l'arrivée tardive de l'ACC sur les scènes locales.

C'est en partant du constat d'une certaine méconnaissance des modalités de construction des réponses locales d'adaptation aux changements climatiques et de leur territorialisation que s'est construite la thèse.

Nous chercherons à comprendre ici comment la question de l'ACC, posée de plus en plus expressément sur les scènes internationales et nationales comme une nouvelle injonction pour l'action publique, est intégrée à l'échelle

### **3/ La question du changement climatique en Méditerranée et au Maghreb : quelle place dans la recherche urbaine et territoriale ?**

En région Méditerranée, les spécialistes du climat anticipent au cours du 21<sup>ème</sup> siècle :

- Une augmentation de la température de l'air de 2,2 C° à 5,1 C° pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne sur la période 2080 – 2099 par rapport à la période 1980– 1999 (GIEC 2007, scénario A1B).
- Une baisse sensible de la pluviométrie, comprise entre -4 et -27 % pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne (alors que les pays du Nord de l'Europe connaîtront une hausse comprise entre 0 et 16 %) (GIEC 2007, scénario A1B).
- Une augmentation des périodes de sécheresse se traduisant par une fréquence élevée des jours au cours desquels la température dépasserait 30 °C (Giannakopoulos et al. 2005). Les événements extrêmes de type vagues de chaleur, sécheresses ou inondations pourraient être plus fréquents et violents.
- Une hausse du niveau de la mer qui, selon quelques études, pourrait être de l'ordre de 35 cm d'ici la fin du siècle.

Les impacts du changement climatique sur l'environnement méditerranéen concerneront particulièrement :

- L'eau, via une modification de son cycle du fait de la hausse de l'évaporation et de la diminution des précipitations. Cette question de l'eau sera centrale dans la problématique du développement durable dans la région ;
- Les sols, à travers l'accélération des phénomènes de désertification d'ores et déjà existants ;
- Variations moyennes des températures de l'air en été (°C) - 2070-2099 vs. 1961-1990 Source : Somot et al. 2007
- La biodiversité terrestre et marine (animale et végétale), via un déplacement vers le Nord et en altitude de certaines espèces, l'extinction des espèces moins mobiles ou plus sensibles au climat et l'apparition de nouvelles espèces ;

- Les forêts, à travers une hausse du risque d'incendie et des risques parasitaires.

Ces impacts amplifieront les pressions déjà existantes sur l'environnement naturel liées aux activités humaines.

Les zones méditerranéennes les plus vulnérables seront celles de l'Afrique du Nord voisines des zones désertiques, les grands deltas (ceux du Nil, du Pô et du Rhône notamment), les zones côtières (rive Nord comme rive Sud du bassin) ainsi que les zones à forte croissance démographique et socialement vulnérables (rive Sud et Est, villes denses et banlieues).

Les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée (PSEM) apparaissent plus vulnérables au changement climatique que ceux de la rive Nord (PNM).

En effet, ils sont d'une part, plus exposés à l'accélération de la désertification et de l'aridité des sols, à l'augmentation de la raréfaction des ressources en eau et, d'autre part, ils sont dotés de structures économiques qui dépendent plus fortement des ressources naturelles ainsi que de capacités techniques et financières plus limitées pour mettre en œuvre des options d'adaptation de grande ampleur. (In Changement climatique et énergie en Méditerranée Plan Bleu)

En 2025, les émissions de CO<sub>2</sub> issues de l'utilisation d'énergie seront deux fois plus élevées qu'en 1990 (OME). La part des PSEM dans les émissions totales issues de la Méditerranée pourrait approcher 50% en 2025.

En 2006, les pays de la rive Nord de la Méditerranée (PNM) ont émis environ les deux tiers des émissions de CO<sub>2</sub> issues de l'utilisation d'énergie de l'ensemble du bassin méditerranéen (OME).

Mais, la croissance des émissions de CO<sub>2</sub> apparaît beaucoup plus rapide dans les PSEM que dans les PNM. Les PNM ont, en effet, enregistré une augmentation de 18% entre 1990 et 2004. Les vi émissions des PSEM ont augmenté de 58% sur la même période.

La demande énergétique se caractérise par une croissance de la demande d'électricité beaucoup plus rapide que celle de l'énergie primaire ou de la population. Elle pourrait être multipliée par 2,6 entre 2006 et 2025 dans les PSEM, notamment du fait d'un triplement des consommations en Turquie, Tunisie et Algérie et un doublement en Egypte et au Maroc.

Quelles que soient les évolutions au niveau global, en Méditerranée, les tensions déjà existantes en matière énergétique risquent de s'accroître sensiblement si le scénario tendanciel se réalise, notamment à travers :

- Les émissions de CO<sub>2</sub> et une accentuation des pollutions atmosphériques locales ;
- Une dépendance énergétique accrue des pays importateurs, plus sensible pour les PSEM importateurs (passant de 77% en 2006 à 88% en 2025) que pour les PNM (passant de 68% à 73% sur la même période) ;
- Les risques sociaux et économiques liés à la hausse des coûts d'approvisionnement et ses répercussions sur la facture énergétique des pays, des ménages et des entreprises ;
  
- Les effets du changement climatique sur le système énergétique : via d'une part la production électrique et les infrastructures et d'autre part la croissance de la demande d'énergie.

L'Algérie est un pays africain et méditerranéen qui s'étend sur une superficie de 2 381 741 km<sup>2</sup>. A l'instar des pays de sa région, l'Algérie est particulièrement affectée par la désertification et la dégradation des sols.

Le pays est majoritairement aride et semi-aride. Les zones du territoire qui reçoivent plus de 400 mm de pluie par an se limitent à une bande d'un maximum de 150 km de profondeur à partir du littoral.

De plus, en raison des changements climatiques, la pluviométrie a baissé de plus de 30% au cours de ces dernières décennies. 85% de la population algérienne est concentrée dans la partie nord du pays, aggravant ainsi sa vulnérabilité aux aléas des changements climatiques.

Notre pays se trouve de plus en plus confronté à la recrudescence d'évènements climatiques extrêmes qui accentuent sa vulnérabilité.

En outre, la récurrence des cycles de sécheresse, devenus de plus en plus longs, a accentué la désertification. L'Algérie ne sera pas à l'abri de bouleversements météorologiques.

Ainsi, l'Algérie du Nord est majoritairement une région à risque extrême (selon l'index "Climate Change Vulnerability"). In (Réchauffement climatique : l'Algérie risque de devenir un immense désert).

Les répercussions en cas de changements climatiques très brutaux Selon l'Institut international de développement durable (IISD).Le secteur de l'eau sera l'un des plus déstabilisés :

- Diminution de l'écoulement des eaux,
- modification du régime hydrologique saisonnier avec des impacts sur certains aménagements hydrauliques et agricoles,
- augmentation de la salinité des eaux,
- baisse du niveau des nappes souterraines
- Concernant l'impact sur le littoral, il est craint
- une altération de la dynamique côtière
- l'élévation du niveau de la mer,
- l'érosion de certaines franges côtières,
- la perte de terres au profit des eaux marines,
- la fragilisation du système socioéconomique des ces zones liées à la fréquence des inondations et d'érosion des terres.

Pour l'agriculture, l'érosion des sols entraîne une dégradation des terres, les déficits en pluviométrie pouvant atteindre 50% durant la période 2000/2020 provoqueront un déficit des rendements des cultures pluviales et l'activité agricole côtière se réduira à cause de la salification des nappes.

L'Algérie doit aussi faire face aux défis liés à la sécurité alimentaire, à la résilience de ses écosystèmes et de son agriculture vis à vis des changements globaux, aux risques majeurs et à la raréfaction des ressources naturelles.

En effet, plus de 50 millions d'hectares connaissent actuellement un niveau de dégradation très avancé, des populations rurales constituées principalement d'agriculteurs et d'éleveurs pour assurer leur survie sont contraintes à l'exode vers les grandes agglomérations. Cette situation est le résultat direct de l'appauvrissement des sols et de la diminution des ressources hydriques.

En tant que pays en développement, la responsabilité historique de l'Algérie en matière d'accumulation des gaz à effet de serre n'est nullement engagée. Pays peu émetteur de gaz à effet de serre, sa responsabilité actuelle étant très limitée.

En outre, les besoins de croissance du pays sont en constante augmentation afin de répondre aux attentes légitimes de développement économique et social de sa population, et en particulier de sa jeunesse.

La Contribution Prévue Déterminée au niveau National ( CPDN ) de l'Algérie couvre la période 2021-2030 et concerne principalement les secteurs de l'énergie, l'industrie, les transports, l'agriculture et les forêts, le bâtiment et l'environnement ; ainsi que d'autres secteurs non moins importants.

L'Algérie s'engage à soumettre sa contribution définitive au moment de la ratification du dit accord et bien avant « L'ambition d'atténuation des GES, » affichée par l'Algérie dans sa CPDN provisoire, s'appuie sur quatre piliers :

- un outil institutionnel représenté par l'Agence Nationale des Changements Climatiques,
- un mécanisme de coordination et de suivi, représenté par le Comité National Climat, la feuille de route climat de l'Algérie à travers le Plan National Climat;
- le système national MRV (Mesurabilité, Reporting et Vérification) qui sera mis en place ;

Le Plan National Climat qui vise, notamment, le renforcement de la mobilisation des ressources en eau, la lutte contre les inondations, la protection du littoral, la lutte contre la sécheresse et la désertification et l'augmentation de la résilience des écosystèmes et de l'agriculture et aux changements climatiques.

**Deuxième partie : ville et changement climatique :  
histoire, influences, et interactions**

## **Introduction :**

La nature apparaît comme un concept non stabilisé, dont les significations s'enchevêtrent. Malgré son extrême ambiguïté, le terme exerce une forte fascination dans la mesure où différents sens peuvent être présents simultanément dans son emploi.

La ville comme modèle, comme projet et comme lieu habité, réfléchit nécessairement un sens corolaire de la nature dans ses formes construites sous les registres à la fois de la résistance et de la pacification. Omniprésente dans les formes d'expression, elle n'est plus considérée comme la part étrangère à l'urbain, mais comme source de vie.

La ville est un écosystème complexe que la multiplicité des définitions reflète bien. Elle est « territoire et population, cadre matériel et unité de vie collective, configuration d'objets physiques et nœuds de relations entre sujets sociaux » (Grafmeyer, 1995). (In Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville Morgane Colombert page 32)

La ville, pour reprendre les représentations systémiques et éco-système existantes (Bossel, 1999. Bonan et al., 2004), allie ainsi à la fois des dimensions fonctionnelles (l'habitat, les loisirs, l'éducation, l'emploi), une diversité de lieux (bâti, non bâti, etc.) et des groupes sociaux (des individus d'origines diverses et ayant des intérêts différents).

Empirisme puis approche scientifique de la construction ont ainsi permis de répondre en partie aux besoins humains de sécurité et de confort vis-à-vis d'un climat pas toujours clément. Il est constaté que les villes, en plus d'être influencées par le climat, influent elles-mêmes sur celui-ci.

Elles modifient ainsi localement les paramètres climatiques. Ces modifications peuvent être constatées soit par comparaison avec les zones plus rurales voisines, soit par comparaison avec leur propre situation (moins urbanisée et/ou moins dense) dans le passé.

De plus, la ville évolue au sein d'un environnement « naturel » avec lequel elle interagit en permanence. Le climat fait partie intégrante de cet environnement et, par le passé, la conception des bâtiments et, par extension, des villes s'est souvent faite avec une volonté d'adéquation avec celui-ci (Givoni, 1978).



**CHAPITRE 1 : VILLE ET CLIMAT INTERACTIONS ET  
INFLUENCES RECIPROQUES**

## **Introduction**

Pour améliorer la qualité environnementale des écosystèmes urbains et minimiser les impacts humains sur la nature et donc, en retour, sur l'espèce humaine, il est nécessaire, comme le signale Bonan (2002), d'équilibrer les composantes naturelles et culturelles des paysages, ou encore d'équilibrer les faits scientifiques, la connaissance scientifique du milieu, et les valeurs de l'aménagement.

Au sein de la climatologie urbaine, les différentes réflexions engagées par les climatologues, les géographes mais également les architectes et les urbanistes sur la relation entre leurs cœurs de métier, permettent aujourd'hui de percevoir le potentiel de réduction des températures en milieu urbain.

A l'heure des changements climatiques, cette réflexion offre des perspectives de solutions d'adaptation intéressantes pour mieux se protéger des vagues de chaleur.

### **1-1/ ville et climat : quelles interactions ?**

Etant donné la condition géométrique tridimensionnelle de la forme urbaine, elle interagit avec un nombre important de paramètres.

Parmi ces paramètres on trouve les paramètres climatiques : la température de surface, l'humidité relative, la vitesse du vent, le rayonnement solaire, parmi d'autres. La définition de la forme urbaine peut être formulée à partir de divers registres.

Nous allons maintenant aborder ce que Lévy (2005) évoque comme «l'approche de la forme urbaine». C'est à dire : L'espace urbain étudié dans sa dimension, comme microclimat (urbain), tant dans ses variations géographiques par quartier, que dans sa diversité liée aux types de tissu (ouvert/ferme/semi-ouvert), selon l'orientation (héliothermique), selon le site (eau, relief, végétation), la répartition (inégalement) des pollutions et des nuisances dans l'aire urbaine, en rapport avec le microclimat.

Tout de même, A. Lévy intègre dans cette approche des préoccupations concernant la perception des ambiances urbaines, les problèmes de transport, de la consommation énergétique, les enjeux écologiques, le confort ... enfin, toute une série de concepts qui entourent la relation entre la ville et le climat (in Une lecture de la forme urbaine et des microclimats Le cas de Barranquilla Kattia VILLADIEGO BERNAL)

Avec cette façon de considérer la forme urbaine, il n'y a pas d'espace pour des notions vagues ; puisqu'elle est concernée par des phénomènes physiques, le langage utilisé est celui de la physique et de ses lois.

La ville est affectée par ces lois ; l'environnement climatique réagit en fonction de l'interaction des comportements urbains, humains et naturels. Le bilan énergétique établi depuis des milliers d'années peut être perturbé pour plusieurs raisons, parmi le plus fortes : « l'être humain ».

### **1-2/ La conception de la ville sous l'influence climatique : historique**

Au Moyen Âge, la ville s'est créée avant tout dans un objectif de protection, de survie et pour répondre à un certain contexte militaire et économique. Ainsi, les besoins de protection imposent aux villes en plus des murailles de s'entourer de larges fossés, ce qui crée un climat local plus humide. À ceci s'ajoute l'ensemble des activités économiques

concentrées dans la ville intra-muros pour lesquelles l'humidité est nécessaire, ce qui crée des zones malsaines au sein de la ville.

À défaut de pouvoir supprimer les sources malsaines, l'adaptation des populations se fait quand cela est possible par l'éloignement. Ainsi, les espaces les moins pollués sont investis par les religieux ou les riches alors que les ouvriers vivent aux abords de ces sources. La disparition des causes militaires, l'amélioration des conditions économiques et l'avancée scientifique vont permettre aux villes d'améliorer leur climat et surtout d'assainir leur air.

Dès le XVIII<sup>e</sup> siècle, qui est le Siècle des Lumières, la qualité sanitaire de l'air des villes devient un enjeu. Il y a désormais une volonté de réduire, au sein des habitats et des espaces urbains, l'humidité et d'accéder à l'air, au soleil et à la lumière naturelle. Les interventions hygiénistes vont alors se dérouler sur plusieurs décennies et même siècles. Un assainissement des surfaces malsaines va donc s'opérer (minéralisation du sol des rues et renouvellement du crépi des murs, comblement des fossés et canalisation des rivières, et drainage en sous-sol des eaux de surface) ainsi qu'une ventilation des vides urbains (alignement des rues, élargissements et percées de nouvelles rues, normalisation du prospect des rues).

Le XIX<sup>e</sup> siècle va, pour sa part, voir apparaître des propositions utopistes sur l'avenir des villes et leurs conceptions. L'urbanisme moderne s'ancre sur ces utopies sociales du XIX<sup>e</sup> siècle et propose de nouvelles formes urbaines parfois opposées à la forme de la ville ancienne. Comme le signale Benzerzour (2004), « les solutions proposées sont de deux types : construire une nouvelle ville de toutes pièces en alliant ville et campagne ou transformer (actualiser) la ville existante de telle sorte à obtenir une nouvelle ville ». Si la première solution a été préconisée dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle sans toutefois s'imposer (Ebenezer Howard imagine la cité idéale dans son ouvrage « les cités-jardins de demain » de 1902 ; Le Corbusier transforme et rase le cœur de Paris dans sa proposition du Plan Voisin de 1925), c'est la seconde solution qui est aujourd'hui dominante.

Une prise de conscience environnementale contemporaine va avoir lieu dans la continuité des préoccupations hygiénistes du XIX<sup>e</sup> siècle et du début du XX<sup>e</sup> siècle. L'environnement, le développement durable, le microclimat urbain, la pollution atmosphérique, le changement climatique deviennent de nouveaux enjeux et de nouvelles propositions d'interventions sur le milieu urbain émergent.

Gauzin-Müller (2001) préconise trois objectifs pour que la ville puisse répondre au critère de qualité environnementale :

- une ville compacte (l'étalement augmente les distances à parcourir notamment en voiture),
- un habitat dense (économie d'énergie pour le chauffage et économie de matériaux de construction)
- un verdissement des vides urbains et des toitures (humidification de l'air, fixation des poussières, abaissement des températures, stockage du carbone et libération de l'oxygène, affaiblissement de la propagation du bruit, réduction de l'impression de densité, augmentation de l'inertie thermique, etc.).

### **1-3/ Organisation urbaine et formes urbaine: résultat et conséquences du climat local ?**

Par le passé, la conception des bâtiments et, par extension, des villes s'est souvent faite dans une volonté d'adéquation au climat (Givoni, 1978), c'est-à-dire de façon la plus adaptée possible aux conditions climatiques locales.

L'amélioration des connaissances scientifiques et techniques a permis progressivement aux architectes, ingénieurs ou urbanistes de tenir compte d'autres contraintes telles que la dépense énergétique, le confort ou la qualité de l'air, mais également de prendre conscience des modifications climatiques locales engendrées par leurs aménagements.

Les éléments du climat qui sont pris en compte dans la conception du bâti sont nombreux (le rayonnement solaire, la température, les vents, l'humidité atmosphérique, les précipitations, etc.).

Chaque région, française ou du monde, possède ainsi un habitat traditionnel dont la conception et la forme sont intimement liées au climat. Givoni (1978), Griffiths (1976) ou encore Escourrou (1991) ont noté et expliqué ces différences.

Des climats secs et chauds aux climats froids en passant par des climats chauds et humides ou de type méditerranéen, le choix des matériaux et la forme du bâtiment sont en partie conditionnés par les contraintes climatiques. Les ressources locales ont également largement influencé le choix des matériaux.

Pour les climats chauds et secs ou encore méditerranéens (étés chauds et secs, hivers doux et humides), l'objectif est de laisser pénétrer à l'intérieur du bâtiment le moins de chaleur possible.

Les murs et les toits blancs ou avec des teintes claires sont ainsi privilégiés (cela limite l'absorption de la chaleur par les murs grâce à une plus grande réflexion du rayonnement solaire), les murs sont épais pour freiner la diffusion de la chaleur et amortir les fluctuations de températures à l'intérieur, les ouvertures sont petites, et selon la région des puits de fraîcheur avec de la végétation et de l'eau peuvent également être mis en place.

Pour les milieux froids et très froids, un des objectifs est d'éviter la perte de chaleur du bâtiment chauffé.

Cela passe par une organisation à l'intérieur du logement, comme la création de sas pour entrer au sein du logement, par l'isolation thermique du bâtiment, ou encore par une forme de construction limitant les surfaces déperditives.

Par exemple, dans certaines villes de Russie des constructions sont conçues sur pilotis profondément enfoncés dans le sol où celui restera toujours gelé même en été. Le matelas d'air entre le rez-de-chaussée et le sol gelé permet de protéger, selon Escourrou (1991), l'habitation du froid issu du substratum.

Pour les milieux froids et très froids, un des objectifs est d'éviter la perte de chaleur du bâtiment chauffé. Cela passe par une organisation à l'intérieur du logement, comme la création de sas pour entrer au sein du logement, par l'isolation thermique du bâtiment, ou encore par une forme de construction limitant les surfaces déperditives.

La connaissance scientifique a permis de maîtriser petit à petit de nombreux aspects de la construction en relation avec son climat et son environnement plus généralement.

La réglementation n'a cessé, depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle, de prendre en compte de nouvelles exigences pour satisfaire un certain niveau de confort pour les occupants, préserver

le bâti, réduire le bruit et la consommation énergétique ou encore assurer la sécurité en cas d'incendie.

En France, par exemple, les règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions sont d'actualité depuis 1965 (règles NV 65; la première réglementation thermique est né en 1974 ; et la réglementation acoustique est elle-aussi récente (le premier arrêté relatif à l'isolation acoustique des bâtiments d'habitation date du 14 juin 1969).

#### **1-4/ L'influence de la ville sur l'environnement**

L'agglomération urbaine se caractérise et se différencie des zones non et faiblement bâties, par : La production d'énergie anthropique, la réduction de la vitesse du vent dans les basses couches, la diminution de l'évapotranspiration, et par un important stockage de chaleur en journée.

L'importance de ces différents processus est fonction de la saison, des caractéristiques de la surface urbaine et des conditions météorologiques

- ***La production d'énergie anthropique***

Quantité d'énergie due au chauffage des habitations, à la circulation automobile, et aux industries. Cette grandeur est étroitement liée à la taille et la densité de la ville, sa fonction et son industrialisation, ainsi qu'à la zone climatique et aux besoins en chauffage.

- ***La réduction de la vitesse du vent dans les basses couches***

En général en raison d'une augmentation de la rugosité de surface causée par les constructions. Ainsi, , à Londres par exemple, qui dispose d'un réseau de stations assez dense en comparaison avec celui des autres villes, sur une période allant de 1961 à 1970, la vitesse moyenne du vent est souvent de 20 à 30% plus faible qu'en dehors de la ville (lee, 1984).

Néanmoins, lors de condition anticyclonique très stables, la vitesse du vent peut localement être plus élevée en ville qu'à périphérie.

Ceci peut s'observer lorsque le vent pénètre dans des rues parallèles au flux de circulation atmosphérique, qui vont donc le canaliser et l'accélérer par effet Venturi.

Selon Oke (1978), un gradient de température entre la couche urbaine et la couche rurale suffisamment fort pourrait donner naissance à des brises soufflant de la campagne et convergeant vers le centre ville, de la même manière que sont générées les brises de mer.

- ***La diminution de l'évapotranspiration***

Due à la réduction de la végétation, ainsi qu'à l'imperméabilisation de la majorité des surfaces. Un bassin urbain répond donc plus vite aux précipitations, et les sorties d'eau par ruissellement y sont plus importantes : le stockage d'eau est moins important qu'à la campagne. Le réseau d'évacuation des eaux usées en soustrait un volume considérable.

- ***Un important stockage de chaleur en journée***

En raison des propriétés thermiques des matériaux des constructions. De plus, la verticalité des façades des immeubles augmente les surfaces d'échange de rayonnement par rapport à ce que l'on peut trouver en campagne.

## **Conclusion :**

Les propriétés urbaines (la présence des bâtiments, leur disposition, leur couleur, leurs matériaux) ainsi que les fonctions urbaines (l'industrie, le commerce, les espaces verts, le résidentiel, la circulation) ont la capacité d'affecter le climat à toutes les échelles. Cette influence va dépendre aussi des facteurs intrinsèques à la ville comme son emplacement dans une région climatique particulière ou par rapport à la circulation atmosphérique (Escourrou, 1991).

Le lien urbanisation/climat est viable aussi dans l'autre sens, car nous ne pouvons pas négliger l'influence du climat sur l'environnement urbain et pour aller plus loin, sur la culture urbaine : le comportement de la population, sa manière de vivre, d'habiter ou de mourir, puisque certaines maladies sont aussi liées au climat.

Le climat a été toujours présent de façon spontanée, intrinsèque dans l'architecture vernaculaire ; depuis les temps de Vitruve (Ier siècle Av. J-C) et d'Hippodamos de Milet au Vème siècle Av. J-C, l'architecture et l'urbanisme montraient et intégraient ce rapport au climat dans sa réflexion sur la planification urbaine (Escourrou, 1991).

Le climat peut-il faire l'histoire ? À l'heure du réchauffement global, la question devient angoissante. Les fluctuations du climat ont contribué dans le passé à l'effondrement des civilisations, estiment une majorité d'historiens. Mais pronostiquer comment nos sociétés complexes et technologiquement avancées réagiront à des stress climatiques dont on peine à mesurer l'ampleur future.

La dynamique de globalisation dans laquelle se trouvent les villes contemporaines, a mis en évidence la nécessité de cibler les problématiques environnementales comme une question prioritaire dans l'agenda politique.

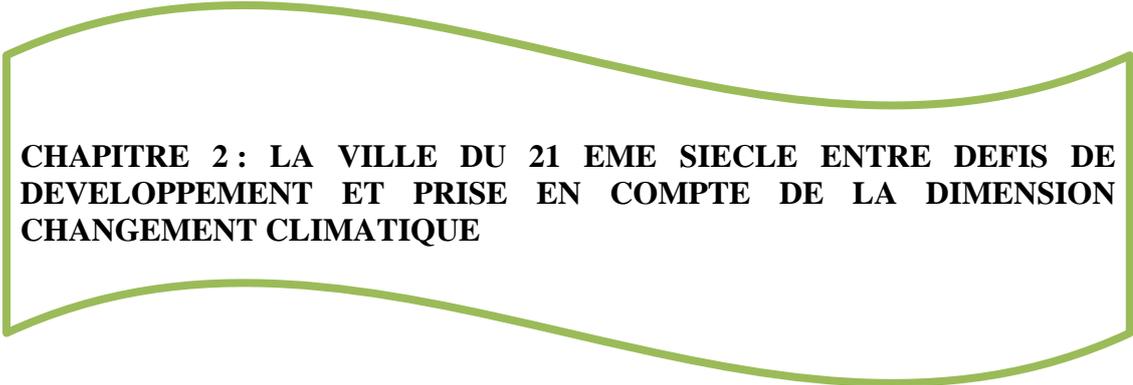
Parmi toutes ces préoccupations, le changement climatique et l'îlot de chaleur urbain (ICU) deviennent des facteurs de haute importance ; non seulement pour les effets économiques et sociaux que ces phénomènes entraînent, mais aussi comme un pari dans la recherche d'une position compétitive dans le contexte régional et international.

Cette réalité incontournable amène à une nouvelle lecture de la ville ; ajoutant une dimension à l'analyse urbaine que croise l'univers de l'architecture et de l'urbanisme avec celui de la géographie, de la climatologie et d'autres disciplines.

Dans cette nouvelle perspective, la compréhension de la ville s'est faite en fonction d'un facteur non contrôlé et perturbé par les humains : « le climat Perturbé » car on constate que les actions anthropiques ont des conséquences sur le climat à toutes ses échelles ; non contrôlé car, malgré les progrès de la recherche, la nature nous garde toujours des surprises.

L'interaction du climat et des villes, spécialement en ce qui concerne la forme urbaine, la végétation et le relief, engendre la création de microclimats. En même temps, le microclimat a des impacts sur la consommation d'énergie, par l'effet des échanges thermiques entre les façades et l'ambiance extérieure. Un mauvais bilan thermique entraîne l'augmentation des besoins en climatisation ou en chauffage.

Le microclimat intervient aussi dans les problèmes sanitaires, par exemple, une zone urbaine chaude et peu ventilée favorise la pollution et l'apparition des maladies. En outre, les usagers des espaces extérieurs (rues, places, parcs etc.) sont exposés à ces conditions microclimatiques, qui dans un mauvais scénario perturbent le bilan thermique du corps humain. Celui-ci est alors soumis à l'inconfort et/ou au stress thermique, grâce aussi à ce duo ville et climat.



**CHAPITRE 2 : LA VILLE DU 21 EME SIECLE ENTRE DEFIS DE  
DEVELOPPEMENT ET PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION  
CHANGEMENT CLIMATIQUE**

## **Introduction :**

Plus de la moitié de la population mondiale vit de nos jours en ville, cette proportion atteignant 80% dans les pays développés. De plus, les zones urbaines concentrent la grande majorité du capital (logements, distribution d'eau, infrastructures de transport).

Une telle concentration de population conduit à un accroissement des préoccupations sociétales, économiques, et environnementales.

A ces préoccupations s'ajoutent le microclimat spécifique des villes, la forme urbaine affectant la circulation du vent, l'humidité proche de la surface, la fréquence d'apparition des phénomènes de brouillard, et augmentant la brise urbaine et la turbulence atmosphérique.

*La caractéristique principale du climat urbain est l'îlot de chaleur urbain*

## **2-1/ la ville moderne : entre impératif de développement et prise en compte de la durabilité**

La ville moderne essayait de penser au climat (spécialement pour des questions de salubrité), mais la standardisation des formes urbaines de l'ère industrielle a été propice à une rupture entre le climat et la ville.

Seulement avec ce souci mondial sur le changement climatique et la crise énergétique des années 70, le climat est retourné sur la table des discussions comme sujet prioritaire.

Il fut une, longue, période de l'histoire de l'urbanisme, lorsque les villes savaient composer avec le climat, rappelle l'ouvrage coordonné par Jean-Jacques Terrin, « Villes et changement climatique-Ilots de chaleur urbain ».

L'architecture arabe traditionnelle, en particulier, savait jouer des patios, moucharabiehs, fontaines, jarres poreuses, mais aussi de l'orientation des rues et des protections solaires. Les capteurs de vent iraniens savent renvoyer l'air frais jusqu'au cœur des habitations. Les matériaux utilisés par de nombreux peuples savent garder la fraîcheur.

Un savoir-faire largement oublié par la ville moderne. Privilégiant la voiture, trop confiante dans les moyens technologiques, la ville a abandonné son lien avec ce qui est le plus fondamental dans son environnement, les éléments : air, soleil, eau, vent, ombre...

Avec le réchauffement climatique et la nécessité d'économiser les ressources naturelles non renouvelables, la donne change. Pour le confort des citoyens, qui représentent la majorité de la population du globe, et pour respecter les accords de la COP 21. Les villes sont en effet responsables de 60% à 80% des émissions de gaz à effet de serre et de la consommation de 75% des ressources naturelles.

Il en va aussi de la santé publique ; Une hausse d'un degré au-dessus de 30°C augmente de 4,7% les risques de mortalité.

La ville contemporaine ne peut se concevoir simplement en se réappropriant des savoir-faire ancestraux même s'ils sont à reconsidérer. C'est pourquoi l'innovation urbaine est indispensable, pour agir dans trois domaines : l'observation et le monitoring, la mitigation et la réduction des risques,

Enfin l'adaptation et la prise en considération des opportunités offertes par les nouvelles conditions environnementales.

## **2-2/ La ville exposée aux aléas du changement climatique :**

Nos villes actuelles connaîtront en partie les effets graduels du changement climatique et il est d'autant plus justifié de réfléchir de façon prospective à horizon 2030, 2050 voire au delà.

Peu d'impacts climatiques seront toutefois totalement inconnus des villes. Celles-ci ont toujours été exposées à des aléas naturels, tels que séismes, tsunamis, ouragans et inondations. Certains impacts sur les villes ne sont en réalité qu'une augmentation des aléas d'origine climatique déjà existants, comme les inondations.

Avec l'accélération de croissance urbaine, de nouvelles problématiques sont apparues dans la panoplie des maladies, déjà présentes dans la ville classique et la ville moderne.

Les problèmes d'hygiène ont été résolus par des mécanismes qui engendrent d'autres problèmes pour nos villes contemporaines : que faire des poubelles ? La circulation a donné lieu aux autoroutes, et d'espaces verts imperméabilisés pour gagner des places de parking !

La population mondiale a atteint 7 milliards de personnes en 2011 d'après l'ONU . Selon les estimations faites par cet organisme, elle pourrait atteindre presque les 8 milliards dans les dix prochaines années.

La croissance touche directement les centres urbains, ils ont atteint des tailles difficiles à gérer et à contrôler. L'urbanisation affecte l'environnement naturel et modifie le paysage de façon drastique : l'imperméabilisation des sols, l'élimination de la flore, l'augmentation de la rugosité, l'augmentation des aérosols et des gaz à effet de serre.

L'altération de la fréquence et de l'intensité des phénomènes naturels augmente la vulnérabilité des villes aux risques environnementaux. Le Niño et la Niña sont des exemples très spectaculaires des conséquences du changement climatique sur les phénomènes et cycles naturels.

Les littoraux sont exposés à des inondations et à une possible augmentation du niveau de la mer, ce qui est spécialement problématique dans les zones tropicales et les pays en développement. La sécheresse pourrait s'intensifier.

Des risques sanitaires sont prévus par le vecteur des maladies, les vagues de chaleur pourront affecter de plus en plus la population. Enfin, le plus inquiétant est que ce sont les communautés les plus vulnérables qui sont amenées à supporter davantage les conséquences du changement climatique.

## **2-3/ L'évolution prévisible du climat au cours de ce siècle**

Il n'est pas possible de prédire les émissions futures, et les projections climatiques se basent donc sur des scénarios, c'est-à-dire des évolutions possibles des émissions mondiales à l'horizon de 2100.

Dans les années 90, le GIEC a ainsi construit les scénarios d'émissions « SRES », dont par exemple le scénario A2 qui suppose une augmentation rapide de la population et de l'économie mondiales, l'absence de politique climatique, et une croissance forte des émissions de gaz à effet de serre.

En se basant sur les résultats de modèles climatiques et de ce scénario d'émissions, Hallegatte et al. (2007) ont recherché les analogues climatiques de quelques grandes villes européennes pour la fin du XXIème siècle sur la base des températures et des précipitations.

Avec cette méthodologie, et pour les scénarios présentés sur le modèle anglais et le modèle de Météo-France, on constate qu'en 2100, Paris connaîtrait un climat comparable à celui de Cordoue actuellement, ou à celui de Bordeaux. Le climat de Marseille deviendrait proche de celui de Cordoue également, ou d'un climat grec.

Cependant, cette approche a le défaut de sa simplicité, puisque d'ici 2100, la ville connaîtra une évolution certaine, forcée par la démographie ou d'autres facteurs socioéconomiques, qui à son tour aura un rôle sur le microclimat de l'agglomération.

Souvent présentées comme des lieux où se concentrent la majorité des émissions de gaz à effet de serre, les villes sont également en partie à l'origine de modifications climatiques mondiales.

Ce changement climatique devrait, selon toutes vraisemblances, accroître la fréquence des événements extrêmes tels que les vagues de chaleur selon le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Au regard des événements récents, tels que la canicule de 2003 en Europe, les villes se révèlent mal adaptées à de telles conditions de chaleur (Besancenot, 2002).

#### **2-4/ principaux impacts du Changement climatique sur les villes**

Le réchauffement climatique est une menace pour tous mais les villes et leurs habitants sont en première ligne, et certaines municipalités ont déjà commencé à monter au front, soulignent des experts qui saluent cette prise de conscience.

L'évolution des villes va se produire avec un climat lui-même en évolution rapide. Concentrant la moitié de la population mondiale, les villes représentent 70 % des émissions de CO<sub>2</sub>. La moitié des émissions mondiales de gaz à effet de serre dépendent de décisions prises à leur échelle au travers de la construction, des transports ou de la gestion des déchets. Elles sont donc particulièrement attendues sur la question du climat.

Les villes disposent des leviers d'action nécessaires pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES) et s'adapter au changement climatique. Les politiques d'aménagement urbain définissent le modèle de développement des villes pour plusieurs décennies et sont donc déterminantes pour l'atteinte des objectifs d'atténuation et d'adaptation", indique CDC Climat Recherche dans son dernier Climascope, publié le 1er juillet.

« *Les villes sont largement concernées* », assure le spécialiste du climat, qui part du postulat que la population urbaine mondiale atteint aujourd'hui les 3 milliards d'habitants et qui pourrait atteindre les 6 ou 7 milliards dès 2050. Pour lui, il ne resterait à l'humanité que 800 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> à émettre avant que le réchauffement climatique ne dépasse la barre fatidique des 2 °C, risquant un emballement hors de contrôle.

Cela représente 20 ans d'émissions, au rythme actuel. Mais attention, cela ne représente que 20 % des hydrocarbures immédiatement accessibles. Il faudra donc laisser ces combustibles fossiles là où ils sont", prévient-il. Car, si rien ne devait changer dans la façon de bâtir, la seule construction des villes nouvelles pour abriter des milliards de nouveaux urbains, consommera 460 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>, "soit plus de la moitié du carbone à

émettre", souligne Jean Jouzel.in (« Villes et changement climatique-Ilots de chaleur urbain»).

Le réchauffement global de la planète et les dérèglements météorologiques vont croître considérablement d'ici la fin du xxi<sup>e</sup> siècle. La ville n'échappe pas à l'influence de ces changements climatiques qui engendrent des îlots de chaleur urbains — caractérisés par des hausses de température parfois importantes dans le centre par rapport à la périphérie et qui entraînent dysfonctionnements et inconfort.

Ce phénomène est dû à l'accumulation d'un certain nombre de facteurs : la densité urbaine, la circulation automobile, la minéralisation excessive et le déficit de végétal et d'eau dans les espaces publics. Les métropoles tentent d'agir.

Les villes actuelles seraient également fragiles face aux canicules. Le spécialiste du climat rappelle que le phénomène observé à l'été 2003, où les températures moyennes étaient supérieures de 3 °C aux normales saisonnières, n'arrive normalement que tous les 25 à 30 ans. "*Dans un monde à +2 °C, cela arriverait tous les 4 ans.*

Dans un monde à +3 °C, tous les deux ans. Au-delà, nous risquerons des canicules avec des températures de +7/8 °C", explique-t-il. De même, les villes côtières sont d'ores et déjà menacées par la montée des eaux. "Il faut arrêter de construire comme si de rien n'était et changer les modes constructifs : c'est le véritable défi à relever".

## **2-5/ principaux impacts du changement climatique sur les villes**

Les villes et les espaces urbains, tels que les bâtiments, génèrent des ambiances thermiques à partir des conditions climatiques "génériques". Ces ambiances peuvent donc être plus ou moins favorables au confort thermique des usagers de la ville.

Le climat urbain est dû essentiellement aux activités spécifiques à la ville et à la configuration générale de cette dernière.

Ce dernier est difficile à décomposer, car la combinaison de plusieurs facteurs en même temps crée une situation complexe.

De nombreuses références sur le climat ont comparé les propriétés des milieux rural et urbain au point de vue climatique d'une façon générale, la ville se différencie de la campagne par :

- L'existence de bâtiments qui modifient le bilan énergétique, les mouvements de l'air, les températures, etc.
- Des activités urbaines qui constituent un apport d'énergie supplémentaire.
- Un taux plus au moins élevé de pollution.
- Des surfaces urbaines imperméables et un drainage rapide des eaux de pluies.
- Une faible végétation dans la ville.

### ***2-5-1/ Ilot de chaleur urbain : principal indicateur du changement climatique en milieu urbain***

C'est le phénomène le plus caractéristique du climat urbain. Les informations relatives à l'îlot de chaleur urbain sont très abondantes, car ce phénomène constitue depuis plusieurs décennies, l'objet d'étude principal de la climatologie urbaine ce qui a d'ailleurs permis de mieux comprendre la complexité de ce dernier.

Les villes sont soumises à un microclimat particulier qui est caractérisé par des températures près du sol généralement plus chaudes au centre des villes qu'en périphérie.

Ce phénomène, appelé îlot de chaleur urbain (ICU) et qui a été mis en évidence pour la première fois à Londres en 1820 (Landsberg, 1981) a marqué, dans les années 1980, le début de l'ère de la recherche en climatologie urbaine.

La formation et l'intensité d'un ICU dépendent de plusieurs facteurs, à commencer par les conditions météorologiques. Les différences de températures ville-campagne apparaissent par temps clair avec peu de vent et sont en général plus marquées en début de nuit.

Ces îlots de chaleur s'expliquent par le remplacement des sols végétalisés et perméables par des bâtiments et revêtements imperméables.

La comparaison des bilans d'énergie des surfaces naturelles et urbanisées permet d'appréhender les processus physiques qui sont à l'origine de ce phénomène.

Un îlot de chaleur urbain est un secteur urbanisé où les températures sont plus élevées que dans les secteurs environnants. Il est le résultat des choix d'aménagement des milieux de vie, notamment la minéralisation des surfaces.

Cet enjeu local est préoccupant pour les villes puisqu'il entraîne de nombreuses conséquences néfastes, entre autres sur la santé.

### **2-5-2/ le phénomène et ses impacts :**

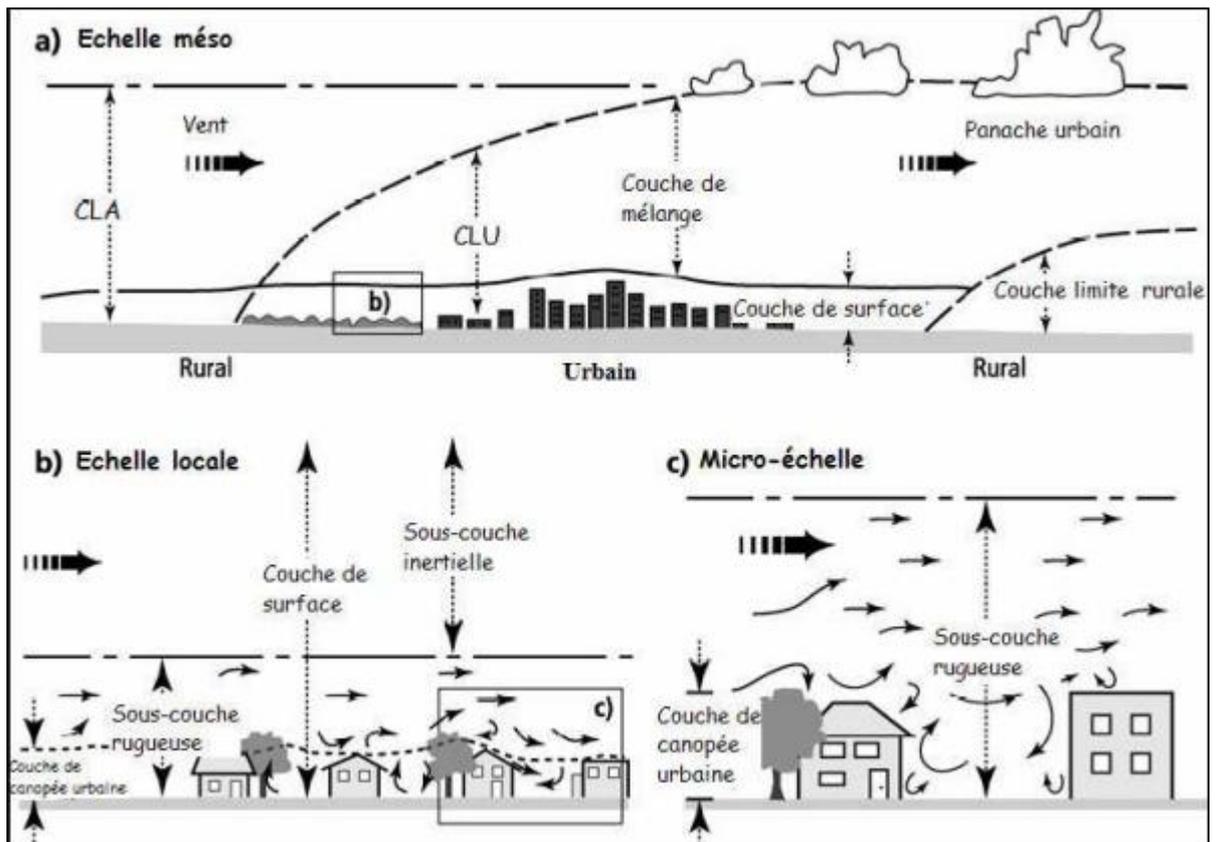
Le phénomène est préoccupant en raison des nombreuses conséquences néfastes qu'il a, en particulier sur la qualité de vie en milieu urbain et la santé humaine, mais aussi sur l'environnement dont l'être humain dépend.

La chaleur accablante peut créer certains malaises et exacerber des maladies chroniques préexistantes.

Les îlots de chaleur urbains créent également des variations climatiques locales, en plus de diminuer la qualité de l'air et de l'eau, ce qui affecte non seulement l'être humain, mais les écosystèmes avoisinants.

Bien que l'îlot de chaleur urbain ne soit pas une manifestation des changements climatiques et n'influence ceux-ci qu'indirectement, lutter contre les îlots de chaleur urbains est un moyen d'atténuer les conséquences locales de ce phénomène global.

Les effets d'un îlot de chaleur sont en effet d'autant plus importants lors de canicules, lesquelles devraient augmenter en intensité et en nombre avec les changements climatiques.



**figure1** : Les échelles d'influence des îlots de chaleur urbains – Source : Colombert

La différence de température entre un îlot de chaleur urbain et les secteurs environnants peut atteindre jusqu'à 12°C. La portée d'un îlot de chaleur urbain (aire d'observation et d'influence) peut être très locale (à l'échelle d'un îlot urbain) ou un peu plus vaste (à l'échelle de la ville), sans pour autant dépasser l'échelle régionale.

Les îlots de chaleur urbains sont classés en trois catégories selon qu'on les observe directement au sol, dans l'air entre le sol et la cime des arbres (canopée urbaine) ou dans l'air juste au-dessus de la canopée urbaine.

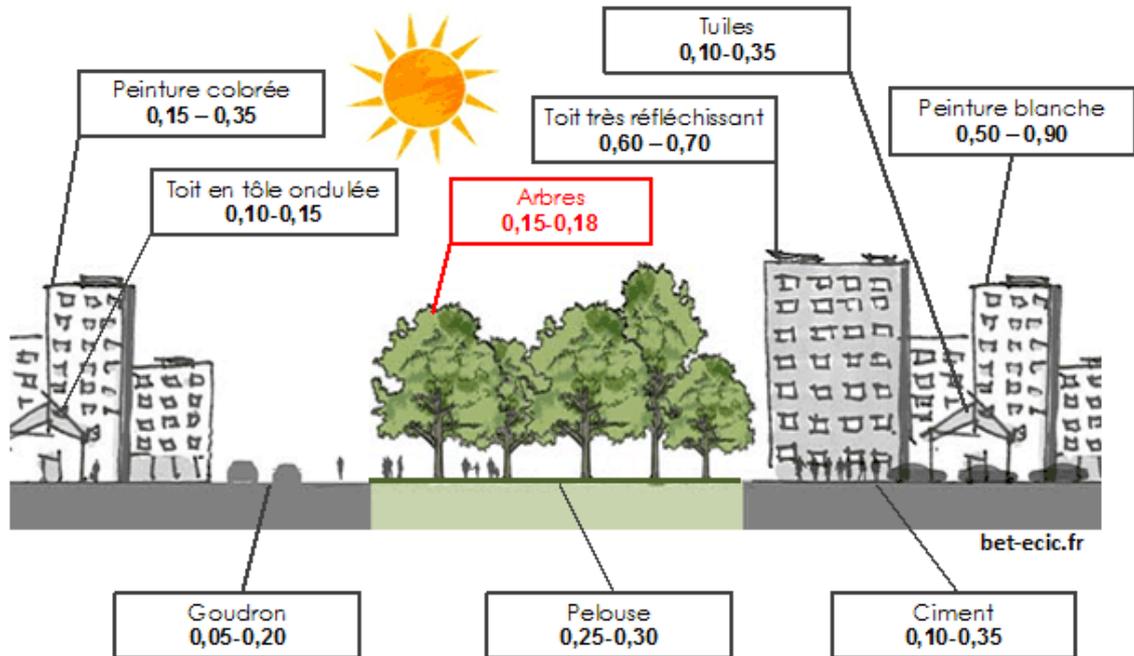
Un des enjeux de l'étude du microclimat urbain est d'appréhender l'impact que le changement climatique pourrait avoir en milieu urbain, en termes notamment d'îlot de chaleur.

Comme bon nombre d'études ont montré que le climat futur serait notamment caractérisé par une augmentation de la fréquence de canicules, l'étude du microclimat en contexte de canicule est un bon indicateur du microclimat futur.

### **2-5-3 / Causes de l'ICU (îlot de chaleur urbain)**

Une des principales causes de l'ICU est l'urbanisation (conception urbaine et matériaux des bâtiments). En effet, la chaleur urbaine provient du bâti et du sol qui restituent la chaleur emmagasinée dans la journée. L'énergie solaire absorbée ou restituée varie selon l'albédo et l'inertie thermique du bâti.

L'albédo désigne l'indice de réfléchissement d'une surface en fonction de sa couleur mais aussi de sa texture et porosité. C'est une valeur comprise entre 0 et 1 : un corps noir a un albédo nul car il absorbe toute la lumière incidente et un miroir, un albédo de 1 car il réfléchit toute la lumière incidente.



**Figure2** : Valeur de l'albédo de différentes surfaces-source : NASA

Les différentes surfaces, dépendant des matériaux qui les composent, n'ont pas les mêmes capacités d'absorption ou de réflexion des rayons solaires.

Il existe une mesure de la portion des rayons réfléchis par une surface, par rapport aux rayons solaires incidents : l'albédo. Plus l'albédo est bas, plus la surface absorbe les rayons. Et plus un matériau absorbe les rayons du soleil, plus il accumule et émet de chaleur.

Les nombreuses surfaces artificielles des milieux urbanisés sont en grande partie composées de matières minérales, tel l'asphalte, le goudron, le gravier et le béton, toutes ayant de faibles albédos.

La multiplication de ces surfaces (routes, aires de stationnement, toits goudronnés, murs de briques, etc.) est l'un des plus importants facteurs de création des îlots de chaleur urbains.

La minéralité des villes est donc un facteur influençant fortement la formation des ICU car les matériaux absorbent beaucoup d'énergie solaire et donc en restituent d'autant plus, tandis que l'eau ou la végétation emmagasinent peu et en plus participent au rafraîchissement de l'air par évapotranspiration.

Une autre conséquence de l'urbanisation est la diminution de la végétation et des plans d'eau. Végétation et plans d'eau sont deux vecteurs d'évaporation de l'eau (par évapotranspiration chez les plantes), qui permet de transférer l'énergie du soleil en chaleur latente, réduisant du même coup la température ambiante.

Les nombreuses surfaces asphaltées sont là aussi en cause puisqu'elles limitent la rétention de l'eau par le sol en la dirigeant rapidement vers les réseaux d'égout, puis les cours d'eau. L'évapotranspiration du végétal est un phénomène qui permet, par la perte d'eau, et par l'échange de chaleur entre l'eau et l'air, de rafraîchir l'air.

D'autres éléments influent sur les ICU, notamment :

- Les vents urbains. En effet la circulation de l'air permet une diminution du réchauffement urbain alors qu'un vent nul ou faible, au contraire, va entraîner une stagnation de l'air et donc une absence de dispersion de la chaleur accumulée dans le bâti.
- Les canyons urbains (resserrement du bâti trop important (rue étroite)) participent à ce réchauffement en empêchant l'air de circuler mais ils permettent toutefois de créer des zones d'ombre en diminuant le facteur de vue du ciel.

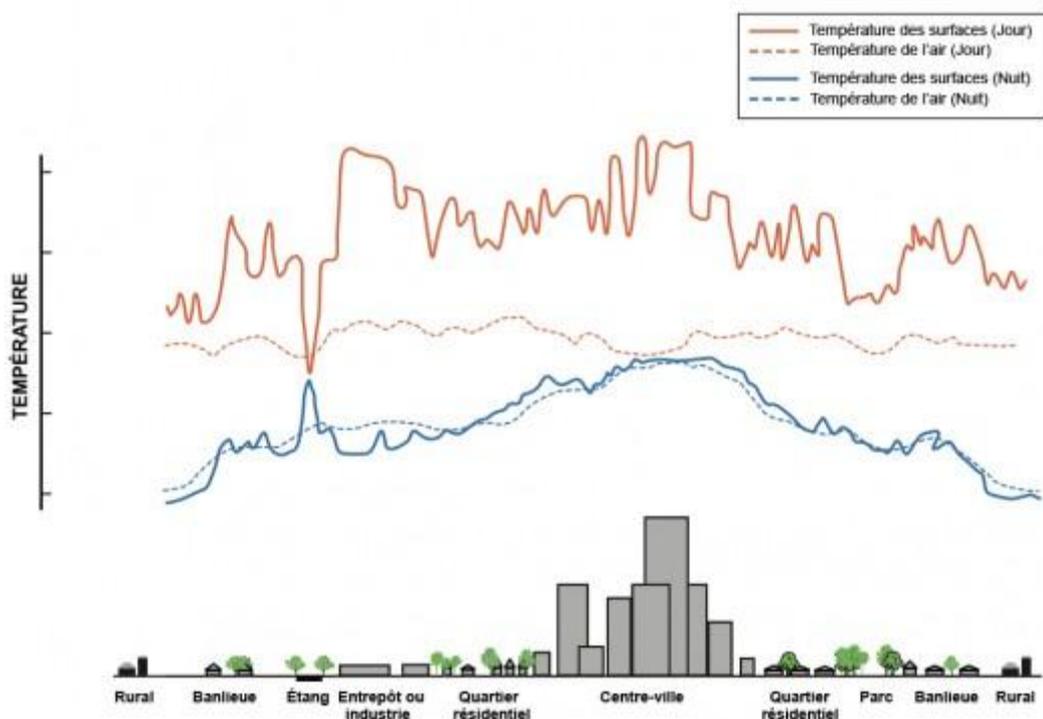
Ainsi, un tissu urbain dense limite l'ensoleillement des surfaces au sol et ralentit le refroidissement nocturne tandis qu'un tissu urbain peu dense favorise l'ensoleillement et donc l'échauffement de la zone mais permet un refroidissement plus rapide et efficace en fin de journée et la nuit.

Ces deux formes de densification présentent des caractéristiques différentes qui peuvent être un avantage ou un inconvénient selon la saison. Dans tous les cas, il conviendra d'adapter les mesures à prendre contre les ICU en fonction du tissu urbain dans lesquels ils se trouvent.

Enfin, la chaleur anthropique (climatisation, circulation de véhicules, industries...) augmente la température de l'air et a un impact sur la formation des ICU. La climatisation produit de la chaleur car elle rejette les calories extraites de l'intérieur du bâtiment vers l'extérieur dans le domaine public.

Par ailleurs, avec le changement climatique annoncé pour les prochaines décennies, le phénomène d'ICU sera renforcé. Le GIEC prévoit en effet, une élévation globale des températures à la surface de la terre et une hausse de la fréquence des événements extrêmes type canicules ou tempêtes.

En France, on observe déjà depuis la moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, des étés de plus en plus chauds avec une augmentation des vagues de chaleur estivales (Météo France).



**figure3** : Les variations de température selon les types de milieu – Source : US Environmental Protection Agency

Parallèlement, les simulations réalisées par Lemonsu et al. (2013) à l'échelle du bassin parisien suggèrent, malgré une fréquence plus élevée de nuits tropicales en milieu urbain, qu'en périurbain ou rural et exacerbée en climat futur, que les ICUs seront en moyenne moins marqués en climat futur qu'en climat présent.

Ces résultats s'expliqueraient par l'élévation des températures rurales en climat futur, conséquence de l'assèchement des sols.

Il est donc difficile de conclure quant à l'impact des changements climatiques sur les îlots de chaleur urbains, sachant qu'au delà des aspects purement morphologiques et spatiaux (expansion urbaine) qui ne sont pas abordés ici, celui-ci est fortement corrélé à la ressource en eau, comme le montre l'étude de Lemonsu et al. (2013).

La formation d'ICU va se développer notamment à cause de l'augmentation des températures et des périodes de fortes chaleurs prévues pour les prochaines décennies.

L'ICU, notamment associé à ces épisodes caniculaires, peut être un réel danger pour la santé des populations des villes (problèmes respiratoires et augmentation du risque de mortalité).

Il convient donc de prendre des mesures pour traiter localement ces ICU. Ces mesures s'appuient sur une réflexion à l'échelle du bâtiment mais aussi du quartier. Repenser le bâtiment par une conception bioclimatique incluant un travail sur l'isolation, l'inertie, la ventilation, les matériaux, la végétation et des alternatives à la climatisation permettra

d'assurer un confort thermique pour les habitants et de limiter l'impact sur la formation d'ICU.

De même à plus grande échelle, où jouer sur la forme urbaine et l'agencement des bâtiments les uns par rapport aux autres, la compacité du tissu urbain, les matériaux des bâtiments et revêtements de sol, et utiliser la végétation et l'eau pour créer des espaces de fraîcheur dans la ville, sera un moyen efficace pour lutter contre les ICU.

Plusieurs approches permettent d'étudier et de traiter ces enjeux : cartographies aériennes ou au sol, campagnes de mesures, modélisations, études spécifiques, etc.

De ces diagnostics des plans d'actions sont élaborés afin de traduire concrètement l'ensemble des éléments de vulnérabilité liés aux ICU et ainsi proposer des solutions concrètes de lutte contre les îlots de chaleur urbains pour maintenir un confort d'été estival appréciable et nécessaire d'un point de vue sanitaire et social, le but étant que la ville soit « respirable » l'été.

Les études en cours ont donc pour but de valider les stratégies d'adaptation proposées. Il est important également de noter que la problématique ICU constitue un des pendants « urbains » des stratégies d'adaptation au changement climatique qu'il est nécessaire d'engager à la fois en ville, mais également à la campagne et il devient urgent de s'y pencher.

(Par Coraline ZOCA et Olivier PAPIN – Bureau d'études ECIC à Bordeaux BET spécialisé dans l'audit énergétique, le bilan carbone, le suivi d'exploitation et la maîtrise d'œuvre.

## **Conclusion**

Des millions de personnes vivant dans les villes du monde entier sentent déjà les effets du changement climatique : les vagues de chaleur, des rues inondées, glissements de terrain et les tempêtes.

Tous ces éléments affectent les infrastructures importantes, telles que le transport et l'approvisionnement en eau, les ports et le commerce, la santé publique et la vie quotidienne des gens. Et ce sont les villes qui sont à l'avant-garde de la réponse.

Les effets de l'urbanisation et des changements climatiques convergent de façon dangereuse. La population mondiale compte déjà plus de 50 % de citadins et, dans un peu plus d'une génération, les deux tiers vivront dans des villes.

Les villes, grandes et petites, sont déjà les plus touchées par les catastrophes naturelles, comme les inondations et les tempêtes tropicales. Nombre des plus grandes villes du monde situées le long des côtes, des fleuves et dans les plaines alluviales sont les plus vulnérables en cas de catastrophes naturelles.

Les prévisions basées sur des preuves scientifiques disponibles indiquent que dans les décennies à venir, les changements climatiques peuvent rendre les citadins de plus en plus vulnérables aux inondations, aux glissements de terrain, aux phénomènes climatiques extrêmes et à d'autres catastrophes naturelles.

Les plus pauvres et les plus marginalisés sont de plus en plus touchés et, pourtant, ils sont le moins en mesure de réduire ces impacts et de se protéger. Par exemple, le dernier rapport sur l'État des villes d'Afrique indique que, d'ici à 2050, 200 millions d'Africains pourraient être déplacés à cause des effets des changements climatiques, ce qui pèsera lourdement sur les capacités des villes et de leurs ressources.

L'Asie est loin d'être épargnée par les effets du changement climatique. Par exemple, lors d'inondations à Bangkok, en Thaïlande, plus de 500 personnes ont perdu la vie et un très grand nombre ont perdu une grande partie de leurs moyens de subsistance.

Alors que toutes les villes côtières sont confrontées à ces risques, les conséquences seront importantes pour celles de plus de 10 millions d'habitants.

On estime que, sans des efforts d'adaptation significatifs, l'élévation d'un mètre du niveau de la mer à New York pourrait non seulement inonder les régions côtières, mais avoir des effets dévastateurs sur le système du métro, les installations d'assainissement, les centrales électriques et les usines et, donc, des conséquences désastreuses sur l'économie de la ville.

Sans une planification, une conception et des investissements appropriés dans le développement de villes durables, un nombre de plus en plus important de personnes continuera de subir les effets adverses sans précédent, non seulement des changements climatiques, mais aussi d'une croissance économique réduite, d'une baisse de la qualité de vie et d'une instabilité sociale croissante.



**CHAPITRE 3 : LE RETOUR DE LA NATURE EN VILLE  
COMME STRATEGIE D ADAPTATION DES VILLE AU  
CHANGEMENT CLIMATIQUE**

## Introduction

Il existe différentes formes et échelles de mise en œuvre de stratégies d'adaptation pour faire face aux changements climatiques dans les villes :

- celle de l'aménagement urbain qui passe par la requalification des surfaces urbaines (avec par exemple une augmentation des espaces verts);
- celle du bâti (modifications des formes urbaines et de l'enveloppe interne et externe des bâtiments avec un choix de matériaux plus isolants et/ou réfléchissants);
- et finalement, celles individuelles que les êtres humains mettent en place de façon innée ou suggérée: baisse de l'activité aux heures les plus chaudes de la journée, recours aux protections solaires (volets à l'intérieur, situations ombragées à l'extérieur), et/ou à la climatisation.

Deux stratégies d'adaptation, *la climatisation* et *la végétalisation urbaine*, qui sont fréquemment mises en œuvre pour l'amélioration du confort thermique et/ou de la demande énergétique, sont évaluées à l'échelle de la ville.

Ces deux types de stratégies ont des effets potentiellement antagonistes :

La climatisation présente un intérêt car c'est une solution d'urgence qui peut être mise en place de façon individuelle, ponctuelle, et à un coût raisonnable, pour assurer un minimum de confort thermique à l'intérieur des bâtiments. Elle présente cependant l'inconvénient de ne pas être planifiée à l'échelle du territoire urbain et d'affecter la température de l'air dans la rue.

Au contraire, la végétalisation des villes, de part son pouvoir rafraîchissant, régulateur du microclimat urbain, peut si elle est planifiée, tenir lieu à la fois de levier d'adaptation et de mitigation. La végétalisation présente aussi l'avantage de résoudre ou d'améliorer d'autres problématiques urbaines comme la gestion des eaux pluviales ou la qualité de l'air pour ne citer que deux exemples.

### **3-1/ Le grand public à la recherche de techniques d'adaptation au changement climatique : de La climatisation artificielle à la climatisation naturelle**

La climatisation ne vise qu'un objectif, mais pas le moindre, celui du confort à l'intérieur des bâtiments. Face aux épisodes de fortes chaleurs estivales, certains bâtiments recourent nécessairement à la climatisation pour rafraîchir non seulement l'environnement des personnes mais aussi du matériel.

C'est le cas d'un certain nombre de bâtiments résidentiels mais surtout des bâtiments de bureaux ou de tourisme, ainsi que de la plupart des établissements de soins ou paramédicaux qui prennent en charge des personnes âgées (plus fragiles aux conditions extérieures difficiles).

C'est aussi le cas de nombreux locaux qui abritent des équipements ou des activités génératrices de chaleur (bâtiments recevant du public, centres informatiques,...), ou qui nécessitent des conditions microclimatiques contrôlées (musées, chambres froides).

Différents types d'installations de refroidissement, répartis dans la ville, permettent de satisfaire ces besoins en froid : des systèmes individuels ou collectifs qui rejettent de l'air

chaud dans la rue (rejets secs), des systèmes qui rejettent la chaleur sous forme de vapeur d'eau dans l'air (rejets humides), et parfois dans les grandes villes (comme Paris, Londres et Barcelone, etc ...), des réseaux de production et de distribution d'eau glacée qui rejettent une grande partie de la chaleur dans l'eau des rivières (technique connue sous le nom de free cooling).

Tous ces systèmes, de par leurs technologies respectives n'ont pas les mêmes rendements et ne génèrent donc pas la même demande énergétique. Aussi, du fait de leur localisation en façade, sur les toits, ou en souterrain, ils n'ont pas non plus les mêmes impacts sur l'environnement extérieur (nuisances sonores, rejets de chaleur notamment).

Cette question des impacts de la climatisation est primordiale car il faut finalement être capable d'évaluer les effets et nuisances potentielles de cette mesure d'adaptation mise en place pour le confort intérieur sur l'environnement extérieur et les habitants. Enfin, l'usage que font les habitants de la climatisation varie selon leur perception du confort thermique.

Par conséquent, à l'échelle de la ville, ces comportements se traduisent par des températures de consignes différentes dans les bâtiments.

Alors que de nombreuses études existent sur l'impact du microclimat urbain sur la demande climatisation, peu se sont intéressées à l'impact inverse, celui de la climatisation sur l'environnement extérieur.

Celles qui ont simulé cet impact à partir de modèles de complexités variables ont estimé que cet impact était de l'ordre de + 1-2°C pour des échelles d'étude différentes, allant du quartier à l'échelle de la ville (Salamanca et al., 2011; Ohashi et al., 2007; Kikegawa et al., 2003; Hsieh et al., 2007)(in *MODELISATION DE LA VEGETATION URBAINE ET STRATEGIES D'ADAPTATION POUR L'AMELIORATION DU CONFORT CLIMATIQUE ET DE LA DEMANDE ENERGETIQUE EN VILLE : Mme CÉCILE DE MUNCK* )

### **3-2/ La végétation urbaine : le grand retour de la nature en ville**

Selon les simulations du modèle météorologique MM5, l'influence de la végétation sur le climat urbain est plus importante que l'influence de l'albédo des surfaces construites. La manière la plus efficace de réduire la température consiste ainsi à maximiser la quantité de végétation dans la ville avec une combinaison de plantation d'arbres et de toitures végétalisées.

Appliquer cette stratégie réduit, dans les simulations, la température de l'air urbain de 0,4 ° C en moyenne et de 0,7 ° C à 15h, heure de la journée qui correspond à la demande électrique commerciale maximale.

Les simulations montrent des réductions allant jusqu'à 1,1 ° C à 15h dans certains quartiers de Manhattan et Brooklyn, principalement parce qu'il y a plus d'espaces où planter des arbres et installer des toitures végétalisées dans ces quartiers. Dans Manhattan, la plus grande partie de la baisse des températures proviendrait de la végétalisation des toitures, tandis qu'à Brooklyn, une combinaison plus équilibrée des deux stratégies peut être employée.

Des études sur l'îlot de chaleur urbain dans plusieurs villes ayant des géométries urbaines différentes montrent une gamme d'efficacité des mesures de baisse des températures de l'ordre de -0,2 ° à -3,6 °C, en moyenne sur toutes les heures de la journée.

Les résultats de l'étude sur New York tombent à l'extrémité inférieure de la plage, principalement en raison de la quantité relativement importante de surfaces construites, de la rareté relative de la surface disponible pour mettre en place les mesures d'adaptation si on prend en compte les contraintes des infrastructures, et de la forte influence du climat marin qui génère des brises de mer dans une grande partie de la ville.

### **3-2-1/ Rôle de la végétation urbaine :**

La végétation agit sur le milieu urbain en modifiant ses propriétés radiatives, thermiques, hydriques et aérodynamiques. C'est une mesure efficace pour limiter l'îlot de chaleur et l'inconfort thermique des habitants en été. Les modifications radiatives et thermiques du climat urbain engendrées par la végétation résultent de trois processus physiques :

- le premier est l'évaporation de l'eau retenue dans le sol et interceptée par le feuillage des plantes. Elle concerne toutes les surfaces naturelles et peut se produire de jour comme de nuit, même si la stabilité nocturne la limite quelque peu;
- le second est la transpiration des plantes, qui concerne tous les types de végétaux (pelouse, buissons, arbustes, arbres, façades et toitures végétalisées, etc..) mais qui se produit le jour;
- La transpiration des plantes qualifie la transformation d'eau liquide en vapeur d'eau au cours de la photosynthèse ou de la régulation thermique des plantes.

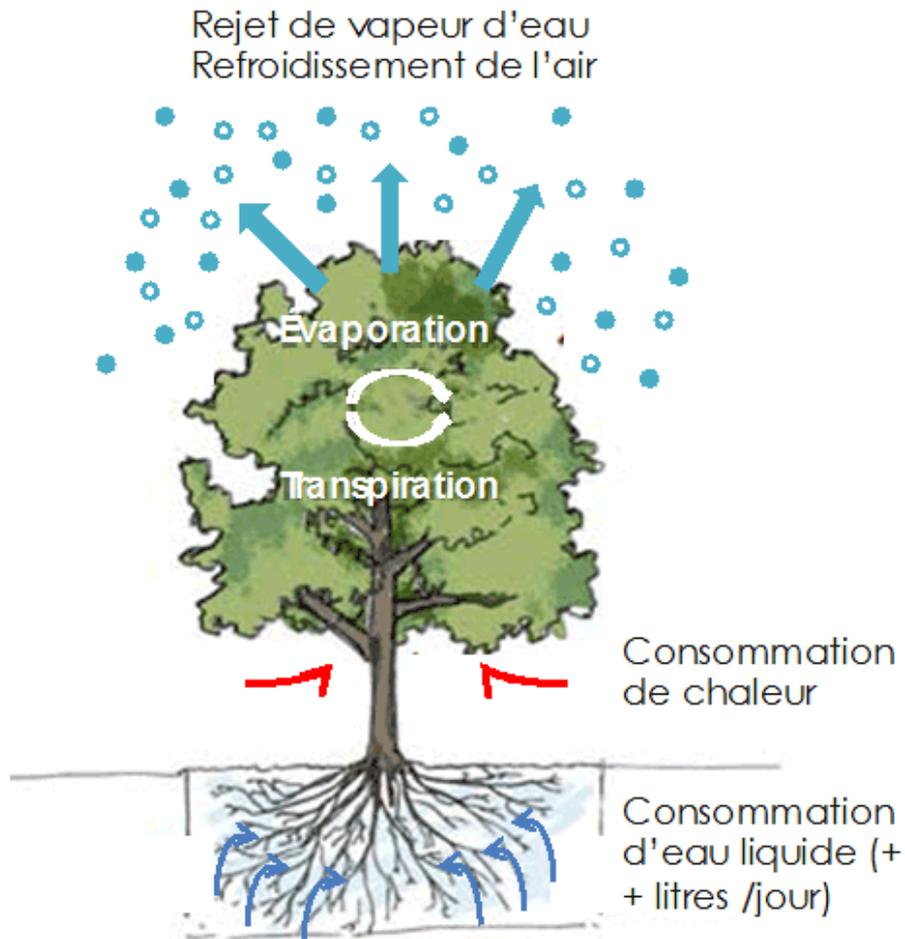
C'est à travers les stomates, structures qui gouvernent les échanges gazeux (notamment de H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>) entre la plante et l'extérieur, que le phénomène de transpiration a lieu. Ce processus est consommateur d'énergie.

C'est le fait que cette énergie soit prélevée dans l'environnement qui participe à son refroidissement, tout en générant une source d'humidité locale.

Les facteurs climatiques qui contrôlent le taux de transpiration sont l'ensoleillement (la fraction photosynthétique du rayonnement), la température, l'humidité de l'air ou plus précisément la VPD (Vapour Pressure Deficit), différences de pression de vapeur entre l'environnement et l'intérieur de la plante), la force du vent mais aussi la disponibilité en eau du sol.

La transpiration des plantes dépend aussi fortement de leurs paramètres physiologiques, principalement de leur type de photosynthèse et du nombre total de stomates et de la taille des feuilles.

Comme l'ensemble de ces facteurs varient avec les conditions climatiques et selon les espèces de plantes, l'influence de la transpiration sur le climat urbain est variable et suit notamment le cycle des saisons.



**Figure4** : représentation schématique de l'évapotranspiration du végétal

La végétation arborée joue un rôle supplémentaire en interceptant une partie du rayonnement solaire incident en journée, créant des effets d'ombrage sur les surfaces artificielles alentour qui limitent leur réchauffement (Oke et al. 1989). Ce phénomène est lié à la volumétrie de la végétation et dépend donc de la hauteur de la végétation ainsi que de la densité foliaire (LAI) du houppier.

Parallèlement, la végétation urbaine constitue un obstacle supplémentaire à l'écoulement de l'air, avec des conséquences notamment sur le transport des polluants (adsorption des polluants gazeux au travers des stomates et interception des particules, Nowak, 2000) et le ressenti thermique.

Les facteurs qui contrôlent ce phénomène sont principalement la forme et la hauteur des plantes.

### **3-3/ la végétalisation : entre techniques, stratégies, et projets urbain.**

La variété des solutions végétales pour le milieu urbain est vaste, les typologies de végétation les plus fréquemment rencontrées sont les suivantes : arbres d'alignement, bois, parcs, squares, terrain de jeux et de sport, friches, jardins familiaux, et plus récemment les enveloppes végétales des bâtiments (telles que les façades et toitures végétalisées) et les noues végétalisées par exemple.

#### **3-3-1 Différentes typologies de végétation mises en œuvre en ville :**

Du point de vue du modélisateur urbain, ces solutions végétales peuvent se classer en fonction des échelles auxquelles elles sont mises en œuvre :

- l'échelle du bâtiment pour les enveloppes végétales des bâtiments (murs et toits);
- l'échelle de la rue pour les surfaces végétalisées de pleine terre comme les pelouses et les arbres d'alignement;
- l'échelle du quartier ou de la ville pour les surfaces végétalisées de pleine terre comme par exemple les parcs et bois urbains, les squares, les terrains de jeux, les jardins familiaux, les noues végétalisées;
- l'échelle du paysage dans le cas des forêts périurbaines.

Quant aux dispositifs faisant intervenir des arbres urbains, ils varient aussi en termes d'agencement spatial (arbre isolé ou en bosquet, arbres d'alignement, ceintures périurbaines) et d'essence. Le choix des essences d'arbres utilisées en milieu urbain est important car celles-ci varient en hauteur, et en forme et taille de houppier, qui sont des paramètres qui confèrent aux arbres des effets variables sur l'environnement qui les entoure

#### **3-3-2/ Etat des lieux des études existantes :**

La littérature sur les effets de la végétation en milieu urbain est abondante mais inégale en ce qui concerne les types de végétation abordés. Historiquement, ce sont les effets des arbres, directs (ombrage) ou indirects (bioclimatiques) qui ont d'abord été étudiés.

Plus récemment, de plus en plus d'études se sont intéressées aux effets des enveloppes végétales des bâtiments sur le milieu urbain, même si la quantité de publications qui traitent des toitures végétalisées est bien plus conséquente que celle des façades végétalisées. Ces dernières sont encore peu mises en œuvre dans les villes, et finalement peu étudiées et documentées.

- *A l'échelle du bâtiment*

En absorbant le rayonnement solaire incident pour sa croissance et son fonctionnement biologique, la végétation agit sur les bâtiments comme une barrière solaire (Eumorfopoulou et Kontoleon, 2009).

Plusieurs études expérimentales montrent que les enveloppes végétales des bâtiments peuvent réduire les températures de surface comparées à des surfaces artificielles (Onmura et al., 2001; Takebayashi et Moriyama, 2007; Eumorfopoulou et Kontoleon, 2009; Wong et al., 2010; Kontoleon et Eumorfopoulou, 2010; Sternberg et al., 2011), ce qui limite la quantité de chaleur qui peut pénétrer dans les bâtiments.

Ce faisant, elles diminueraient les variations saisonnières de température à l'intérieur des bâtiments (Castleton et al., 2010), générant une certaine économie d'énergie, sans toutefois pouvoir atteindre l'efficacité d'une couche d'isolant d'après (Eumorfopoulou et Aravantinos, 1998; Eumorfopoulou et Kontoleon, 2009).

Jaffal et al. (2012) sont plus nuancés et démontrent par la simulation que la performance thermo-énergétique des toitures végétalisées diminue avec le niveau d'isolation des bâtiments, ce qui les rendrait intéressantes pour des bâtiments non ou peu isolés.

L'amplitude des effets thermo énergétiques des enveloppes végétales relevés dans la littérature sont donc relativement variables puisqu'ils dépendent du niveau d'isolation des bâtiments considérés, du type d'enveloppe étudié et enfin des conditions microclimatiques environnantes (notamment l'ensoleillement), conditions qui sont très variables du fait que les études existantes sont réalisées sous des latitudes très différentes (majoritairement en Amérique du Nord, en Europe et en Asie).

En ce qui concerne les toitures végétalisées, Jacquet (2011) observe sous le climat de Montréal une étonnante réduction de la demande d'énergie en été, de l'ordre de 90 % et une réduction moindre en hiver, de l'ordre de 30 %. Jaffal et al. (2012) ont comparé par la simulation l'impact d'une même toiture végétalisée sous trois climats différents (Athènes, La Rochelle et Stockholm, respectivement chaud, tempéré et froid).

Leurs résultats illustrent à quel point les performances des toitures végétalisées peuvent varier en fonction du climat sous lequel elles sont implantées : la consommation annuelle de chauffage est peu affectée par la toiture végétalisée à La Rochelle, alors que celle à Athènes s'en trouve augmentée d'environ 8 % et celle à Stockholm diminuée d'environ la même quantité (- 8 %); inversement la consommation de climatisation est fortement diminuée à Athènes (- 52 %) et à La Rochelle (- 98 %) et n'est pas affectée à Stockholm où elle est initialement inexistante.

Les performances énergétiques des façades végétalisées sont elles aussi fonction du climat sous lequel elles sont implantées. En été par exemple, la réduction de la consommation d'énergie qu'elles engendrent pour la climatisation des bâtiments peut varier considérablement (de 5 à 68 %) comme le montre la synthèse établie par Malys (2013) .

D'ailleurs selon Alexandri et Jones (2008), la performance énergétique estivale des enveloppes végétales est d'autant plus marquée que le climat est chaud et sec (avec - 68 % pour Brasilia et - 35 % pour Bombay), ce qui corrobore les résultats obtenus par Jaffal et al. (2012) pour les toitures végétalisées.

- *A l'échelle du quartier*

A une échelle plus vaste, de nombreuses campagnes de mesures ont mis en évidence l'effet rafraîchissant de la végétation. Les températures relevées au sein d'un quartier de l'agglomération toulousaine montrent des écarts pouvant atteindre 3°C).

L'étude de ces variabilités thermiques en rapport avec les différentes unités paysagères de ce quartier montre une tendance des zones à dominante végétalisée à être plus fraîches). Récemment, Bowler et al. (2010) ont réalisé une méta-analyse de la littérature concernant quatre types de végétation urbaine (parcs urbains, arbres de rue et forêts urbaines et végétation basse au sol ou en toiture), basée sur 47 études empiriques décrivant l'impact de la végétation sur la température de l'air.

Leurs résultats montrent que les parcs urbains (mélange de végétation arborée et herbacée) engendrent un rafraîchissement moyen en journée de l'ordre de 0.94°C, avec des variations qui s'expliquent notamment par la taille du parc (Chang et al., 2007; Barradas,

1991) et sa composition (ratio arbre/pelouse, Potchter et al., 2006), mais aussi les conditions climatiques environnantes.

Les travaux de Potchter et al. (2006) et de Spronken-Smith et Oke (1998) suggèrent que l'effet de rafraîchissement est d'autant plus marqué que la couverture arborée est élevée, et que les températures les plus basses observées pour un des parcs étudiés seraient dues à son irrigation.

Le rafraîchissement moyen nocturne calculé sur un sous-échantillon de sept études est du même ordre de grandeur que celui observé en journée (1.15°C). – Effet des parcs et espaces verts urbains sur la température de l'air en journée d'après la méta-analyse réalisée par Bowler et al. (2010).

Finalement, Bowler et al. (2010) ont relevé peu d'études documentant des surfaces seulement engazonnées de pleine terre. Sur quatre études (Kjelgren et Montague, 1998; Mueller et Day, 2005; Gill, 2006; Yilmaz et al. 2008), trois suggèrent des températures de l'air au-dessus de surfaces engazonnées plus faibles qu'au-dessus du béton (excepté Kjelgren et Montague, 1998) et toutes sont unanimes pour décrire des températures de surface pour l'herbe plus faibles que pour le béton ou l'asphalte.

Cette conclusion sur les températures de surface s'applique aussi en général à la végétation basse en toiture (Wong et al., 2003; Alexandri et Jones, 2007). Pour ce qui est de l'effet des toitures végétalisées sur les températures de l'air, les conclusions sont mitigées et semblent dépendre fortement du moment de la journée, avec certaines études montrant des réductions de température au-dessus du compartiment végétalisé (Harazono et al. 1991; Wong et al. 2003) et d'autres non (Alexandri et Jones, 2007; Nyuk Hien et al., 2007), effet qui semble fortement dépendant du cycle diurne et des saisons.

Les conclusions de Bowler et al. (2010) en ce qui concerne les arbres, isolés ou regroupés en bois ou forêts urbaines, sont que les températures sous les arbres sont en journée systématiquement plus fraîches qu'au-dessus des espaces dégagés alentour, et que l'amplitude de ce rafraîchissement varie en fonction de l'espèce d'arbre.

La taille des arbres et de leur houppier semblent être les facteurs explicatifs des variations inter-espèces d'après Bueno-Bartholomei (2003) et Georgi et Zafiriadis (2006). L'amplitude du rafraîchissement diurne serait corrélée à la capacité d'ombrage de la végétation d'après Shashua-Bar et Hoffman (2000), ce qui corrobore le résultat précédent. Les études qui ont étudié l'effet des arbres sur les températures la nuit ont par contre montré que la canopée des arbres peut retenir de la chaleur (Taha et al., 1991; Souchet et Souchet, 1993; Liangmei et al., 2008).

Dans leur étude évaluant l'effet isolé et en groupement d'érables sucriers, Souchet et Souchet (1993) ont analysé l'impact du type de sol sous la canopée (herbe et béton) sur les températures de l'air sous les arbres et ont mis en évidence des températures plus chaudes sous la canopée quand celle-ci voyait du béton.

Ce résultat suggère que les performances thermiques des arbres de rue peuvent varier en fonction du type de surface sur laquelle ils sont plantés. Finalement les interactions bâti-végétation à prendre en compte dans la modélisation des arbres ne sont pas seulement celles avec les parois des murs alentours.

Finalement, les études analysées par Bowler et al. (2010) ne permettent pas de tirer des conclusions sur des combinaisons optimales en termes d'agencement, d'abondance et de type de végétation. Un autre aspect que très peu d'études abordent est le lien entre la ressource en eau et le pouvoir thermorégulateur de la végétation.

A part les travaux de Potchter et al. (2006) et de SpronkenSmith et Oke (1998) sur les parcs urbains, on peut citer l'étude de Shashua-Bar et al. (2009) qui évalue sous un climat semi-aride l'efficacité thermique de six stratégies paysagères dans deux cours semi-fermés comme un équilibre entre le refroidissement effectif de l'air et le besoin en eau de la végétation. Selon cette étude, les arbres représentent le système le plus efficace alors que les pelouses sont très consommatrices d'eau.

Malgré tout, la végétation urbaine peut parfois entraîner certains effets négatifs peu abordés dans la littérature. Thayeretal. (1985), qui ont montré l'avantage des arbres de rues sur le microclimat estival, soulignent toutefois qu'en hiver et sous certaines latitudes, ces arbres peuvent générer des effets d'ombrage sur les façades des bâtiments tels que les besoins en chauffage s'en trouvent accrus.

Ce phénomène pourrait cependant être évité par un choix adéquat du type d'arbres, notamment par la préférence d'arbres à feuillage caduque.

- *A plus grande échelle : ville et paysage*

Ces dernières années, des études numériques basées sur des modèles météorologiques et de canopée urbaine ont commencé à s'intéresser à l'impact de différentes stratégies sur le climat urbain, et notamment de la végétalisation.

Par exemple, dans le cadre de la consultation du Grand Pari(s), le groupe Descartes (Descartes, 2009) a évalué une stratégie d'aménagement de la région parisienne combinant le remplacement des cultures céréalières par des cultures maraîchères et l'extension des zones forestières, ainsi que l'aménagement de lacs et l'utilisation de peintures réfléchissantes en zones périurbaines.

Simulée pour l'épisode de canicule de 2003, cette combinaison de stratégies qui ne touchaient que la périphérie de la ville, a montré une atténuation significative de l'îlot de chaleur urbain sur Paris (2-3°C).

Selon une méthodologie similaire, une étude menée sur Toronto (Bass et al., 2003) montre que l'utilisation de toitures végétalisées irriguées (à hauteur de 50% de la surface de toitures de la ville, soit 5% de la surface urbaine) ainsi que l'arrosage des espaces verts existants engendrerait une diminution de 1-2°C de l'îlot de chaleur urbain.

Le même scénario sans arrosage n'entraînerait quant à lui qu'une diminution locale de la température de 0.5°C. Des travaux identiques sur la ville de New York (Rosenzweigetal.,2009) suggèrent qu'une infrastructure de toitures végétalisées serait susceptible de réduire les températures urbaines de 1.4°C en moyenne, avec pour conséquence une diminution de l'îlot de chaleur newyorkais.

### **3-4/ Evolution de la place du végétal dans la ville : de l'espace vert à la structure verte**

La ville est-elle un lieu de « nature » ? Depuis quelques années, de nombreuses disciplines se sont engagées dans la perspective de traiter cette question.

L'émergence de l'écologie urbaine, considérée par certains comme un sous-thème de l'écologie, et par d'autres comme un nouveau champ d'investigation pour de nouvelles pratiques d'urbanisme, est une opportunité pour asseoir la compréhension du fonctionnement de « l'écosystème urbain ».

Par ailleurs, l'instauration de la trame verte et bleue comme outil d'aménagement du territoire par le Grenelle de l'environnement en France a modifié profondément les principes de planification et de gestion des espaces verts.

Désormais, le végétal devrait être pris en considération de l'échelle supranationale à celle du local, voire du site. Les notions de connectivité, de corridor écologique, de réservoir de biodiversité, de multifonctionnalité, etc., occupent de plus en plus une place prépondérante dans les discours et les approches d'aménagement.

Le défi des villes de demain est de réussir à concilier la croissance urbaine avec la protection des espaces agricoles et naturels dans et autour de la ville.

Nous pouvons constater aujourd'hui que les hommes vivront désormais en ville, il s'agit d'un processus universel d'évolution des sociétés humaines, dont le but est de rechercher une vie meilleure pour des raisons sociales et économiques.

Devant cette transformation la ville doit répondre à cette aspiration, où les espaces naturels joueront un rôle important.

Tout d'abord, c'est la question de sécurité alimentaire qui se met en avant, et renaît à chaque crise urbaine (guerre, rupture grave d'approvisionnement). Mais, en Europe occidentale, c'est aussi celle du cadre de vie, que les citoyens appellent la campagne, et où se déroulent leurs pratiques dans l'espace rural.

Les théories urbanistiques ont, dans le passé, attribué deux principaux services au végétal dans le milieu urbain : l'un social (détente, loisirs, rencontres, etc.) et l'autre urbanistique (espace interstitiel, espace d'accompagnement d'équipements publics, etc.). L'esthétisme et l'hygiénisme sont venus compléter par la suite les fonctions de l'infrastructure verte urbaine.

De nos jours, face à l'amplification des crises environnementales (réchauffement planétaire, urbanisation galopante, érosion de la biodiversité, pollution, etc.), de nouveaux rôles, allant de la fixation des particules chimiques, à l'introduction de la biodiversité dans les zones urbaines, incombent à la trame verte urbaine (structure verte).

Cette notion est de plus en plus utilisée par les professionnels de l'aménagement et de l'urbanisme (Clergeau, 2007), au point qu'elle vient d'être déclarée comme étant une stratégie d'intérêt national (Grenelle de l'environnement, 2007 : trame verte et bleue).

Désormais, en France, les documents d'urbanisme et d'aménagement (SCOT, PLU, POS, etc.) et les politiques urbaines ont l'obligation de prendre en considération la trame verte à toutes les échelles de prise de décision (locale, régionale, nationale, voire supranationale). Ceci en raison des nombreux services et vertus qui lui ont été reconnus, dont plusieurs font partie intégrante des recommandations du développement durable, sur les plans social, économique et écologique.

### **3-4-1/ De l'espace vert à la structure verte**

La notion d'espace vert indique, en son sens le plus large, un espace végétalisé, privé ou public, localisé à l'intérieur des zones urbaines ou urbanisables et faisant l'objet d'une classification en typologie (Merlin et Choay, 2005) ;

La notion de zone urbaine elle-même est toutefois équivoque, car elle est considérée en quelque sorte comme un antagoniste de la zone rurale, bien que la limite spatiale entre les deux zones reste non apparente et discutable.

En outre le statut privé ou public attribué aux EV est considéré tantôt du point de vue de la propriété foncière (particulier, établissement, État...), tantôt du point de vue de l'ouverture aux usagers.

La végétation des zones urbaines comprend aussi les jardins familiaux, les espaces naturels aménagés, les forêts-promenades, les jardins botaniques ... C'est ainsi qu'aujourd'hui on ne parle plus uniquement d'EV pour rendre compte du végétal dans la ville.

C'est la structure verte qui caractérise toutes les formes du végétal dans la trame urbaine et même au-delà. Ainsi, la verdure est utilisée comme élément structurant de la ville : coupure verte, coulée verte, ceinture verte, aire de repos et pelouses, parcs urbains, terrains de sport... (KERBOUC'H, 1998).

La notion de structure verte, permet de ne plus considérer chaque type d'EV comme un système indépendant, mais de l'analyser dans ses relations avec la ville. Cela implique une unité de conception de ces équipements.

### **3-4-2/ La structure verte en tant qu'équipement polyvalent**

Les espaces verts, conçus pour répondre à une demande sociale ou pour avoir une fonction culturelle, ont également un rôle écologique en tant qu'habitat d'espèces végétales non cultivées ; l'étude des écosystèmes urbains est donc un de nos objectifs.

Plusieurs études montrent en effet que les écosystèmes urbains ne sont pas simplement une dégradation d'écosystèmes ruraux mais qu'ils possèdent des caractéristiques spécifiques qui en font des écosystèmes à part entière (Clergeau, 2007).

Il s'agit donc d'évaluer dans quelle mesure et à quelles conditions (de gestion, de localisation et de fréquentation des EV) la ville peut accueillir des espèces végétales non cultivées.

Par ailleurs, dans le cas des traversées urbaines des cours d'eau, ces espaces semi-naturels, que sont les EV, représentent également des espaces potentiels d'écroulement des crues et offrent donc une opportunité de protection des populations contre le risque d'inondations.

Pour terminer les EV sont également des éléments qui, articulés entre eux, peuvent délimiter un espace voué à l'urbanisation et limiter l'étalement urbain : c'est la fonction des ceintures vertes, dont la ville de Rennes est un des exemples les plus connus en France.

## **Conclusions :**

L'ampleur de la littérature portant sur les effets de la végétation en milieu urbain montre que, même si ce n'est pas un thème de recherche nouveau, il continue d'être en plein développement.

D'une manière générale, la plupart des études relevées dans la littérature mettent en évidence les impacts positifs de la végétation urbaine en termes d'amélioration du microclimat, et par conséquent du confort des piétons et de consommation d'énergie des bâtiments.

La végétalisation des villes apparaît donc comme une stratégie pertinente pour la mitigation des effets urbains et l'adaptation au changement climatique. Il reste que la littérature actuelle ne couvre pas l'impact de tous les dispositifs végétaux à toutes les échelles et pour tous les aspects urbains.

Or il serait intéressant en termes d'aménagement urbain de connaître l'effet de dispositifs locaux, comme par exemple les enveloppes végétales des bâtiments, à l'échelle d'un quartier ou d'une ville, et sur un ensemble d'aspects, microclimatiques, énergétiques, hydrologiques, etc ... afin de mettre en perspectives les coûts et bénéfices associés.

Aussi, la question primordiale de la ressource en eau nécessaire au bon fonctionnement de la végétation est rarement abordée dans la littérature. Quant à la climatisation des bâtiments, elle permet d'assurer un confort minimal à l'intérieur des bâtiments à un coût énergétique mais ses effets sur le climat urbain sont encore mal connus.

Lorsqu'on aborde la question de l'aménagement urbain pour la mitigation et l'adaptation au changement climatique, il est important d'adopter une approche qui considère le système urbain dans sa globalité, afin d'évaluer l'ensemble des impacts engendrés par une stratégie et les interactions potentielles entre différentes stratégies, et ceci pour des morphologies de ville et des climats différentes.

C'est pourquoi ce type d'études est généralement traité par le biais de la modélisation et par des approches multidisciplinaires afin de fournir des réponses intégrées à l'échelle de la ville.

**Troisième partie : approche analytique du potentiel de  
la trame verte/ bleue oranaise**



**CHAPITRE4: L'ASPECT DU GROUPEMENT URBAIN D'ORAN**

## **Introduction**

En matière d'aménagement urbain, on sous-estime souvent l'importance de l'esthétique, des espaces et des infrastructures publics et on ne mesure pas vraiment la relation entre qualité de vie, progrès social et autres éléments constitutifs du bien-être.

Pourtant, les villes attrayantes ont d'avantage de chances d'attirer une population active créative, innovatrice et qualifiée, ainsi que les investissements indispensables à l'économie urbaine.

Malheureusement, même quand ceci est bien compris, le manque de moyens fait souvent passer l'aménagement urbain au second plan, en faveur des besoins prioritaires comme la fourniture des services élémentaires.

Au niveau régional, les villes ont tendance à se développer le long de couloirs d'infrastructure, en s'imposant comme des moteurs de croissance. Cependant, ce développement est bien souvent improvisé et se fait sans coordination entre les différentes villes, ce qui fait perdre à la région de nombreuses opportunités sur le plan social, économique et environnemental.

En général, le principal obstacle à un aménagement urbain réussi provient du manque de structures appropriées et de réglementations au niveau national et international. Les disparités entre les différentes situations locales et les dispositifs d'aménagement urbain nationaux, notamment, se font de plus en plus en sentir dans de nombreux pays.

Nos villes doivent devenir des espaces de facilitation des avancées sociales, économiques et environnementales. Pour qu'elles se développent de façon durable et universelle, il leur faut devenir plus compactes et répondre à la croissance démographique par une augmentation de leur densité

Seule une plus grande concentration leur permettra de pouvoir innover, d'améliorer la qualité de vie et d'accueillir un plus grand nombre de résidents de façon responsable, c'est-à-dire avec une empreinte écologique réduite, une plus faible consommation de ressources par habitant et de plus faibles émissions par habitant que n'importe quel autre mode d'habitat.

Sur le plan environnemental, l'aménagement urbain doit générer une économie verte qui ne dépend pas des énergies fossiles. Durant la phase de conception des projets d'aménagement urbain, les pouvoirs publics doivent intégrer des stratégies à faible taux d'émission et tenir compte du changement climatique. In Planification et aménagement urbains : « Les accomplissements d'ONU-Habitat au regard de la planification et de la conception urbaines ».

### **4-1/ Le groupement urbain d'Oran**

Le groupement d'Oran constitue sans aucun doute le cœur de la dynamique urbaine de la wilaya. Il concentre la majorité des facteurs de développement et reste l'espace le plus attractif particulièrement au plan démographique et économique.

Le Groupement bénéficie d'une position géographique stratégique maritime, doté d'importantes infrastructures portuaires et aéroportuaires, desservie par une bonne liaison routière et ferroviaire (Alger, Maroc, Sud saharien).

Le territoire du groupement occupe une position centrale dans la wilaya; et réunit six Communes (Oran, Es-Senia, Bir El Djir, El Kerma, Misserghine et Sidi Chahmi), formant un quasi région urbaine, doté d'une superficie de **278,02 km<sup>2</sup>** sur 2114km<sup>2</sup> de la surface de la

wilaya. La surface urbanisée occupe plus de 10997.ha, soit 39,59% de la superficie totale du groupement.

Le périmètre du Groupement d'Oran totalise en 2008 environ **985754** habitants, soit un taux de concentration de plus de 60% de la population de la wilaya.

L'urbanisation oranaise conduite jusqu'à présent était massive et rampante, se caractérisant par une division entre la ville-centre et les nouvelles extensions qui ont tendance à s'identifier à des agrégats urbains qui s'articulent de plus en plus mal.

Cette urbanisation démesurée a entraîné d'une part la formation de conurbations, et d'autre part la consommation de l'essentiel du foncier disponible.

L'étalement non maîtrisé où le béton règne en maître est dommageable à la cohérence de l'ensemble du groupement aussi bien au plan esthétique qu'au plan paysager. Il contredit à la fois les principes d'une ville compacte et d'une ville volontairement étalée.

Certains problèmes spécifiques à Oran se trouvent liés en partie au climat. L'aire urbaine centrale d'Oran constitue l'espace le plus dynamique de la wilaya mais également le plus problématique, étant sous pression permanente.

#### **4- 2/ De la ville à l'aire métropolitaine**

En 2014 regroupait environ 1200 000 habitants, soit près de 70% de la population totale de la Wilaya. Oran reste donc le point d'ancrage du territoire de la Wilaya.

Installée à la tête de l'armature urbaine de la région Nord-Ouest, elle offre une gamme d'activités qui lui confèrent un rôle de capitale régionale ouverte à l'international.

Une métropole doit être dotée de fonctions supérieures, de services et d'équipements majeurs pouvant assurer, en s'appuyant sur des centres secondaires un véritable pouvoir de commandement et de connexions à plusieurs niveaux.

Spatialement, il ne s'agit pas de la grande ville dans ses limites mais d'un territoire fortement urbanisé regroupant des villes hiérarchisées qui entretiennent des relations fortes interdépendantes et spécialisées.

Oran regroupe des équipements de haut niveau (Universités, Technopole, Hôpitaux, Centres de recherche...). Le tissu industriel diversifié participe, en dépit de problèmes de compétitivité et de mise à niveau, à la création d'emploi, au maintien d'un savoir-faire indéniable et à la maîtrise des nouvelles technologies.

C'est une ville portuaire, militaire et universitaire; elle est la capitale d'une grande région et son ouverture vers l'extérieur

Faire d'Oran une métropole n'est pas une idée nouvelle. Cette vision a été formulée à la fois par les différents plans et schémas d'aménagement et d'urbanisme, anciens et plus récents et par les autorités locales qui ont géré cette ville. Oran est finalement déclarée comme métropole par la loi de 2006.

Il est certain que les communes du Groupement ont des défis communs à relever, et on peut penser que l'intercommunalité, peut constituer une opportunité majeure pour une urbanisation harmonieuse en vue de faire émerger une métropole attractive et inclusive, économiquement et socialement performante qui joue son rôle aux niveaux international, national et régional au bénéfice de tous les habitants de la wilaya.

Oran se situe d'ores et déjà au niveau métropolitain, mais avec des faiblesses et des carences qui doivent être comblées. Les pouvoirs publics accomplissent un effort considérable qui permettra de rattraper une grande partie des retards accumulés.

Mais le rattrapage des retards ne fait pas une politique d'avenir; il pourrait même compromettre l'avenir, par manque de vision prospective.

C'est peut-être ce qui caractérise la situation actuelle; beaucoup de choses se font et se préparent. Mais il est urgent de s'interroger sur la cohérence à long terme, économique, sociale et, bien entendu, spatiale.

#### **4-3/ Instruments de la planification et de l'aménagement du G.U.O**

L'approche méthodologique classique des instruments d'aménagement et d'urbanisme ne mettant pas en avance le sens des mutations sociales, spatiales et urbaines, ne rend plus compte des enjeux de développement urbain intégrant toutes les composantes de l'espace intercommunal.

Or, mieux saisir les implications des actions engagées sur la structuration globale du territoire intercommunal implique l'engagement d'une réflexion profonde sur ce que peut apporter un instrument comme le PDAU pour identifier les actions curatives et envisager des orientations pour une vision prospective.

S'agissant d'un outil prospectif qui fixe les axes de priorité, la stratégie doit régir le développement et l'organisation future du territoire, notamment les espaces urbanisés et d'urbanisation en leur choisissant la forme et la fonction souhaitée, sur une période de 20 ans.

Le PDAU vise ainsi à rationaliser le fonctionnement du Groupement, à le doter d'atouts compétitifs et à prévoir une meilleure répartition des fonctions urbaines et des besoins en matière d'habitat, d'équipements et d'infrastructures.

Parallèlement, il vise à impulser de nouvelles fonctions urbaines centrales, à préserver l'environnement et à mettre en place toutes les conditions pour l'émergence d'une véritable économie urbaine métropolitaine.

Quant aux objets, outre la création de conditions propres à favoriser un développement urbain cohérent et durable répondant aux exigences socio-économiques propres à la Métropole, l'étude doit contribuer à la consolidation des solidarités communales en profitant des retombées des grands chantiers programmés tout en valorisant les atouts propres à chaque territoire.

Cette consolidation passe par l'agencement et la maîtrise de la structure urbaine globale, la répartition des équipements structurants, le renforcement de la base économique du territoire en identifiant des espaces d'expansion urbaine nécessaires aux activités économiques et résidentielles et les différentes formes de mobilité.

Le plan d'occupation des sols qui est un document d'urbanisme a pour objet la production et ou la transformation du sol urbain ainsi que la fixation de façon détaillée des droits d'usages des sols et des constructions

Oran a vu l'inscription d'un POS ambitieux qui consiste en la production d'un pôle urbain de grande envergure, de la taille d'une ville - 2500000 Habitants - 50 000 Logements

L'intérêt de ce projet est qu'il soit conçu autour d'un principe fondateur de développement durable, respectueux de la nature et prenant en charge les aspects de changement climatique.

C'est le premier projet de cette envergure qui intègre la dimension climatique dans son étude. Les termes de références du POS consistent en la production d'un espace urbain orienté vers une introduction de la notion de durabilité à toutes les échelles et à tous les secteurs : tissu urbain, bâtiment, transport, énergie, économie...

Cette « gestion quotidienne » de la croissance urbaine est certes nécessaire, mais il faut bien se rendre compte qu'elle ne permet nullement d'appréhender de manière pertinente les problèmes et les enjeux dans un espace fortement urbanisé et particulièrement dynamique pour envisager son devenir, quand des intérêts contradictoires, nombreux et complexes s'y croisent. En plus, en l'absence d'audits organisationnel et financier réguliers des communes, de solides études sociologiques, il n'est pas aisé d'approcher les capacités locales de gestion et de conduite des programmes, face à un Etat omniprésent.

#### **4-4/ Amélioration de la planification de l'aménagement urbain : conciliation entre objectifs économique, sociaux, et environnementaux**

Aujourd'hui, la dimension de l'adaptation au changement climatique est devenue un élément déterminant et incontournable pour l'attractivité du territoire et son développement durable

Afin de concevoir un espace urbain adaptable et résilient face aux situations extrêmes notamment le changement climatique, la Prise en charge des aléas, risques, degré d'exposition ainsi que des vulnérabilités est présente. Pour cela, il a été retenu :

- La minimisation des déplacements
- La réduction des consommations d'énergie
- Le recours à des énergies renouvelables
- La gestion et le recyclage des déchets
- Une orientation étudiée des bâtiments
- Une activité basée sur l'économie verte

L'aménagement proposé et retenu tient compte de tous ces éléments. On peut retenir de cet aménagement :

- La projection d'un éco quartier
- La projection d'une technopole dédiée à l'économie verte
- Développement d'une mobilité douce
- Organisation d'une trame bleue (noues d'infiltration, plans d'eau, bassins de rétention afin de recueillir les eaux de pluie et créer une ambiance thématique autour du cycle de l'eau.
- la projection d'un poumon vert de 200Ha

Ces projets vont constituer les fondamentaux de l'aménagement du pôle et sont considérés comme ses éléments locomotive.

Ce nouveau pôle est essentiellement orienté vers la satisfaction des besoins présents et futurs des populations Mais, il faut reconnaître que l'argument lié à l'attractivité du territoire n'est pas absent.

#### **4-5/ Un climat méditerranéen chaud et sec.**

Le climat de l'Oranie littorale concorde avec un régime méditerranéen, caractérisé par une opposition nette de deux saisons bien tranchées :

- une saison entièrement sèche et chaude avec des surchauffements estivaux.
- une saison fraîche et pluvieuse, qui concentre les 3/4 des précipitations.

#### **4-5-1/ Un déficit pluviométrique**

La moyenne annuelle des précipitations varie entre 300 et 500 mm. Ce déficit pluviométrique est accentué par l'irrégularité des précipitations. Ce trait du climat méditerranéen en général et des zones semi-arides en particulier est très accusé en Oranie

Ces périodes de sécheresse et de trombes d'eau sont bien connues en Oranie littorale. Pour la période entre 1841 et 1940 les écarts étaient de 1 à 6. A Oran l'année la plus arrosée a été celle de 1857 avec 1066 mm et la plus sèche a été celle de 1911 avec 178 mm, pour une moyenne annuelle pour la période de 454 mm.

Des séries d'années sèches sont répertoriées comme celle de 1938-1945, ou celle plus récente de 1982 à 2000. Les déficits alarmants des précipitations et les excès d'eau sont les extrêmes qui se succèdent en Oranie avec leur cortège de contraintes.

Les saisons sont bien tranchées : une saison sèche et chaude qui s'étend de Juin à Octobre et une saison pluvieuse et fraîche qui s'étale de Novembre à Mai. Le nombre de jours de pluies individualise ces plaines littorales, 63 jours par an en moyenne.

Les pluies torrentielles sont importantes. Les variations spatiales par contre sont faibles, les limites des isohyètes se calquent assez bien sur les limites orographiques.

#### **4-5-2/ Les températures sont élevées.**

Les moyennes annuelles dépassent les 18 °C. La moyenne des maxima observés en Août dépasse les 28°C. La moyenne des minima en Janvier descend rarement au dessous de 8°C. Les minima absolus descendent au dessous de 0°C, et les maxima absolus dépassent les 45°C.

Les températures extrêmes constituent les contraintes les plus importantes. Ces contraintes sont renforcées par des surchauffements estivaux dus aux vents asséchants de Sirocco qui soufflent en moyenne 11 jours par an.

L'influence maritime est une réalité qui se traduit par des précipitations occultes: brouillards et rosés. Elles sont fréquentes et abondantes surtout en hiver. Leur fréquence décroît du littoral vers l'intérieur, cette influence ne dépasse pas les 40 kilomètres de profondeur dans les terres du continent.

#### **4-6 / Les risques naturels et technologiques**

Le groupement est soumis aux deux risques majeurs identifiés par la réglementation en vigueur : risques naturels et risques technologiques.

##### **4-6-1/ les risques naturels**

- *La sismicité*

L'espace intercommunal comme l'ensemble de la région est encore actuellement le siège d'une activité sismique importante. L'activité tectonique actuelle est la conséquence des mouvements de convergence entre les plaques africaine et eurasienne. Cela se traduit par des plissements, des failles et une intense activité sismique dans toute la région du Nord-Ouest.

La concentration d'évènements passés est directement liée à la probabilité qu'ils se reproduisent. La vulnérabilité du territoire combine l'occurrence d'évènements sismiques à d'importantes concentrations urbaines.

La survenue d'un séisme majeur implique de graves dommages, autant en pertes en vies humaines que de dégâts matériels et socio-économiques.

Les règles parasismiques appliquées à la construction en Algérie sont à respecter avec la rigueur nécessaire

- *Les inondations*

Le phénomène des inondations touche toutes les agglomérations du groupement. La moindre petite averse pourrait s'avérer fatidique dans les zones basses ou mal viabilisées.

Sidi El Bachir, Raïs El Aïn, Es-Senia, Sidi Chahmi, Oran, Nedjma, etc. sont confrontées régulièrement à ce risque.

Des travaux ont été réalisés mais la menace persiste. Ainsi, il n'est pas exagéré de dire que la pluie est révélatrice d'un certain nombre de dysfonctionnements dans la prise en compte des risques naturels dans des milieux fortement urbanisés.

En effet, comment expliquer que même une pluie fine qui dure peut provoquer la fermeture de plusieurs axes routiers et de plusieurs ronds-points ainsi que la transformation des espaces non occupés en gigantesques marais infranchissables aussi bien pour les piétons que pour les automobilistes et même le tramway d'Oran.

##### **4-6-2/ Les risques technologiques**

Le Groupement d'Oran et ses environs comptent actuellement des zones industrielles, des zones de dépôts et des zones d'activités pouvant être à l'origine de risques technologiques (explosion, incendie et pollution).

- *la zone industrielle de Hassi Ameer*

Selon le cahier des charges de, le réseau de drainage sert à l'évacuation des eaux de ruissellement mais aussi des effluents industriels non biodégradables traités, épurés et détoxiqués. Ces effluents doivent répondre aux critères fixés par le réglementant des rejets d'effluents industriels.

- *Les zones industrielles d'Es Sénia*

Dotées de mêmes réseaux, les eaux usées domestiques et les effluents industriels biodégradables prétraités sont évacués vers le réseau d'assainissement urbain de la ville d'Oran vers la station d'épuration.

Le réseau d'évacuation des eaux pluviales et des effluents industriels non biodégradables, épurés ou détoxiqués, est évacué de manière gravitaire vers le lac de la Daya Morsly qui est dans un état de dégradation et de pollution très avancé.

Une partie de ce lac, situé entre la zone industrielle I et la limite nord de la ville d'Oran a été comblée pendant plus de 40 ans par les déchets ménagers de la ville d'Oran.

- *Les zones d'activité aux superficies réduites*

Se sont des créations plus récentes que les zones industrielles. Elles sont diverses, dans la taille et les affectations.

A ces zones d'activités, il faut ajouter des unités de plus en plus nombreuses qui apparaissent au milieu de la nature. Actuellement, leur impact sur l'environnement reste à analyser et mesurer.

Ainsi les zones industrielles, les zones d'activités, les unités localisées dans le tissu urbain ou isolées dans la nature, occupent des espaces de plus en plus étendus, et rejettent tous leurs effluents liquides dans les réseaux existants ou dans la nature.

Si les viabilités sont entrain de s'améliorer, les unités stockent des produits inflammables et dangereux. En l'absence d'un système de surveillance, des risques peuvent se produire dont les conséquences sur les zones résidentielles proches sont à craindre.



**CHAPITRE 5 : GROUPEMENT URBAIN D'ORAN : QUEL  
EQUILIBRE ENTRE LE MINERAL ET LE VEGETAL**

Au niveau de la wilaya d'Oran, le taux d'urbanisation enregistré en 2008 a atteint 92,42% contre 87,89% en 1998.

Le taux d'accroissement annuel moyen de la population urbaine enregistré en 2008 était de 2,4% en légère baisse par rapport à 1998 (2,5%). Le rythme d'urbanisation entre 1998 et 2008 s'élevait à 5,25% soit quatre fois plus qu'entre 1987 et 1998.

L'accroissement urbain peut être expliqué par deux facteurs Il s'agit de l'accroissement naturel de la population (croissance naturelle, solde migratoire (entrées-sorties), reclassements d'agglomérations rurales en agglomération urbaines, S'agissant de limites de plus en plus floues entre les agglomérations), et de l'exode rural.

### **5-1/ Environnement**

Comme tout espace industrialisé et extrêmement urbanisé, le G.U d'Oran est exposé à de nombreux problèmes environnementaux de différentes natures :

- La vulnérabilité des écosystèmes (littoral, massifs forestiers, zones humides, curiosités naturelles) ;
- L'insuffisance des espaces verts de détente et loisirs, à même de répondre à un besoin croissant de la population ;
- La question de l'eau dans toutes ses formes et particulièrement le problème épineux de l'assainissement des eaux usées et des inondations fréquentes ;
- La gestion des déchets depuis sa collecte jusqu'à son élimination pollution d'origine tellurique et ses conséquences sur la salubrité des espaces publics ;
- Les nuisances omniprésentes d'origine industrielles et différentes formes de pollution, notamment hydriques et atmosphériques.

Confronté à un cumul de nuisances, tant naturelles qu'artificielles, menaçant la santé et la salubrité publique, la pérennité des écosystèmes fragiles, la stratégie mise en place par les pouvoirs publics tente de faire de l'environnement une préoccupation permanente et un défi pour asseoir un développement durable et une attractivité de cet espace, répondant à son statut métropolitain abritant la deuxième ville du pays.

A cela s'ajoutent les risques qui sont omniprésents, tant d'ordre naturel (inondation, glissement de terrain), que ceux émanant des installations industrielles en plein tissu urbain ou périphérique, ayant pour conséquence la dégradation du cadre de vie du citoyen oranais et de l'image attractive de la ville d'Oran et ses agglomérations satellites composant le G.U.d'Oran.

Certes, les investissements et les efforts des collectivités locales se sont multipliés cette dernière décennie, en partenariat avec une société civile de plus en plus impliquée et organisée, à travers les initiatives dans la gestion du cadre environnemental, tels que témoignent des projets innovants, en cours de maturation, à savoir le "jardin citoyen méditerranéen d'Oran", s'étendant sur 26ha, à l'est d'Oran, l'aménagement de l'ancienne décharge d'El-Kerma en espace de détente, le musée de la mer et de la biodiversité, etc.

### **5-1-1/ Un milieu naturel fragilisé par la pression urbaine**

Le littoral oranais demeure malheureusement peu valorisé, comme le témoigne les falaises abruptes inaccessibles, un relief entaillé par des ravins à forte pente et une végétation sporadique et de faible intérêt écologique, comme on peut aisément l'observer sur l'ensemble de la baie d'Oran.

Ainsi, de l'avis des experts et des résultats du consensus entre les différents partenaires engagés pour rehausser l'image de marque de cet espace métropolitain oranais, l'avenir de cette partie du Groupement milite pour la reconquête de cet interface méditerranéen oranais et son intégration au processus de développement urbain, sans toutefois perdre de ses atouts paysagers, ses richesses naturelles et sa biodiversité faunistiques et floristiques.

Dans ce sens, la planification urbaine annoncée dans les années à venir, notamment par création de la ville nouvelle envisagée au Sud-ouest du Groupement (Ain Beida-Messerghin) traduit parfaitement cette option d'assurer des mesures de protection optimale, réduisant les risques d'une éventuelle pression démographique sur un littoral déjà fragilisé par les rejets d'eaux usées.

Cette option du report de l'urbanisation à l'arrière plan du Groupement s'avère un enjeu à portée bénéfique et réglementaire en vue d'assurer une gestion raisonnée de cet espace côtier, conformément aux recommandations des différents plans d'aménagement (SNAT, SRAT, SDAM).

### **5-1-2/ Des espaces forestiers agressés par l'emprise urbaine**

Les espaces forestiers sont des reliques de formation anciennes, défrichées et dégradées, ou des boisements artificiels reconstitués par étapes successives. Ils relèvent des terres domaniales, communales ou privées.

Depuis quelques années, ce rôle d'espace d'agrément pour les oranais s'affirme de plus en plus. Il devient même une des préoccupations majeures des populations urbaines d'Oran et sa périphérie.

Certes, ce patrimoine forestier ne s'est pas accru depuis l'indépendance du fait de l'expansion de l'urbanisation et son intérêt prioritaire dans les actions d'aménagement menées à ce jour, écartant les concepts de ville-durable, ville-écologique, etc.

Ces peuplements sont localisés sur les massifs littoraux, soumis à une forte pression humaine et aux effets néfastes de l'érosion hydrique et éolienne... Les essences principales composant le couvert forestier sont représentées par le Pin d'Alep, le Thuya, l'Eucalyptus, le Chêne Liège et le Pin maritime.

A l'échelle de la Wilaya, l'équilibre écologique se retrouve acceptable, Le ratio moyen de la Wilaya d'Oran (20,47 %) est acceptable dans la mesure où 8 communes sur 26, dépassent le seuil recommandé de 26% et, que six (6) communes (Boutlélis, Sidi Ben Yebka, Ain El Kerma, Gdeyl, Hassi Ben Okba et El Ançor) dépassent les 40%.

A côté des boisements, on trouve également pépinières, des terres agricoles fertiles (plaines, plateaux, piémonts) irriguées ou en sec qui sont intensément cultivés par des cultures céréalières, maraichères et fruitières. Globalement, le Groupement intercommunal d'Oran dispose d'une superficie agricole utile (SAU) de **13 636Ha**, soit 49,8 % du territoire du GU d'Oran.

La superficie irriguée est évaluée à **1892,3 Ha**, soit un taux d'irrigation de 13,8 %, ce qui est acceptable au vue de la moyenne nationale évaluée à environ 5%.

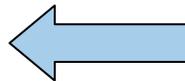
## **5-2/ Des zones humides menacées**

### **5-2-1/ Dayet Morsli**

La zone humide de Dayet Morsli a fait l'objet d'une étude relative à la « caractérisation environnementale des zones humides, la formulation des scénarios tendanciels et alternatifs, ainsi que l'identification des actions prioritaires ».

Elle couvre une superficie de **140,8 ha**, depuis fort longtemps, elle a fait l'objet d'une dégradation inquiétante de ses eaux, causée par les facteurs suivants :

- Les dépôts de terre de déblai et de déchets inertes;
- Le surpâturage ovin dans la zone humide et particulièrement aux alentours des habitats précaires;
- Les anciens rejets d'eaux résiduelles issues des pôles industriels limitrophes et les rejets actuels d'eaux usées des agglomérations d'Es-Senia et El Kerma ;
- La qualité de l'eau est excessivement polluée (présence des métaux lourds, huiles et graisses).



Nouveau  
paysage de "Dayet  
Morsli" :  
peuplement de  
Flamand rose, suite à  
la dépollution du lac.

Ces facteurs perturbent la faune et la flore de la Dayet qui compte une douzaine d'espèces d'oiseaux protégées.

Les actions de valorisation et de conservation restent à déterminer décisi l'an 2025 selon le schéma régional de l'aménagement du territoire.

Pour l'instant, la mise en service de la STEP d'El Kerma (2011) à permis d'atténuer l'intensité des crues et d'alimenter en eau la nappe phréatique superficielle et d'offrir une zone humide, à forte affluence avifaune.

### **5-2-2/ La Grande Sebka d'Oran, un espace écologique de dimension mondiale**

Cette étendue d'eau, qui couvre une superficie de 298 km carrés, est considérée comme le plus grand lac salé de la région ouest du pays. Actuellement, elle emmagasine une moyenne annuelle d'environ 140 millions de mètres cubes d'eau de pluie, alimentée par les eaux de ruissellement du bassin hydrographique.

Toutefois, l'eau de la sebkha est salée, abritant des espèces avifaunes protégées par la loi, tels que : le flamant rose (15.000 à 20.000) et la tadorne de Belon en nombre important, soit un effectif dépassent le 1% international selon les spécialistes.

Aujourd'hui, la zone humide de la Sebkhha est la proie des déversements d'eaux usées et la prolifération de décharges sauvages d'ordures ménagères et autres déchets industriels, de toutes sortes, comme les gravats de matériaux de construction, les déchets avicoles, les détritiques des usines limitrophes, situées dans la zone industrielle.

Par conséquent, elle nécessite une grande opération de nettoyage et de protection de cette zone humide, avec accessoirement un plan aménagement intégré.

### **5-3/ Les espaces verts : une offre insuffisante**

De nos jours, la qualité de la vie dans un milieu urbain dépend très largement de l'offre d'espaces verts, notamment dans les quartiers urbains à forte densité. En effet, les espaces verts jouent un rôle très important.

Ils améliorent la santé et le cadre de la vie, participent à la préservation de l'équilibre écologique et climatique, assurent des fonctions esthétiques et atténuent les nuisances sonores.

En effet, la création des espaces verts et d'espaces de loisirs et de détente, deviennent une priorité pour toute planification territoriale. C'est également une des composantes incontournables pour la stratégie de développement du tourisme d'ordre national, procurant des espaces de détente et de loisirs périurbains.

Cette problématique des espaces verts n'est pas propre au G.U d'Oran, elle concerne la quasi-totalité des villes algériennes souffrant d'un déficit végétal chronique, généralement en dessous de 1 m<sup>2</sup>/habitant.

Avec une législation régissant les espaces verts en milieu urbain, adapté au contexte algérien, chacune des communes, doit disposer d'un schéma directeur des espaces verts en vue d'instaurer, renforcer, et réhabilitation ce type d'équipement public, devenu désormais une demande sociale de plus en plus exigeante au cadre de vie environnemental, selon la typologie et le gradient urbain de chaque commune.

En effet, hormis la ville d'Oran où les espaces verts ont une référence historique et une consistance naturelle de référence, le reste des centres agglomérés suivent une logique focalisée sur le logement pure et simple.

Ainsi, l'espace vert n'a jamais été placé à la tête des préoccupations des collectivités locales. Les documents d'urbanisme, appliquant certains normes d'intégration de la composante végétale n'ont jamais été suivis d'une exécution rigoureuse du fait de l'absence d'une institution spécialisée et dotée de moyens humains et financiers à la hauteur de cette ambition.

Globalement et partant d'une population estimée à **1 157 784** habitants (au 31.1.2012), et une disponibilité d'une superficie de **216,32 Ha**, le ratio en espace vert du groupement est évalué à **1,86 m<sup>2</sup>** par habitant contre 10 m<sup>2</sup> recommandés par l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Ainsi, le G.U.O manquent cruellement d'espace vert (moins de 2 m<sup>2</sup> de verdure par habitant). Les jardins et autres espaces verts ne représentent pas plus de 3,6% de la superficie totale de la ville (au lieu de 25%)! Principale raison, la suprématie du béton érigé aux quatre coins de la métropole au détriment de la verdure.

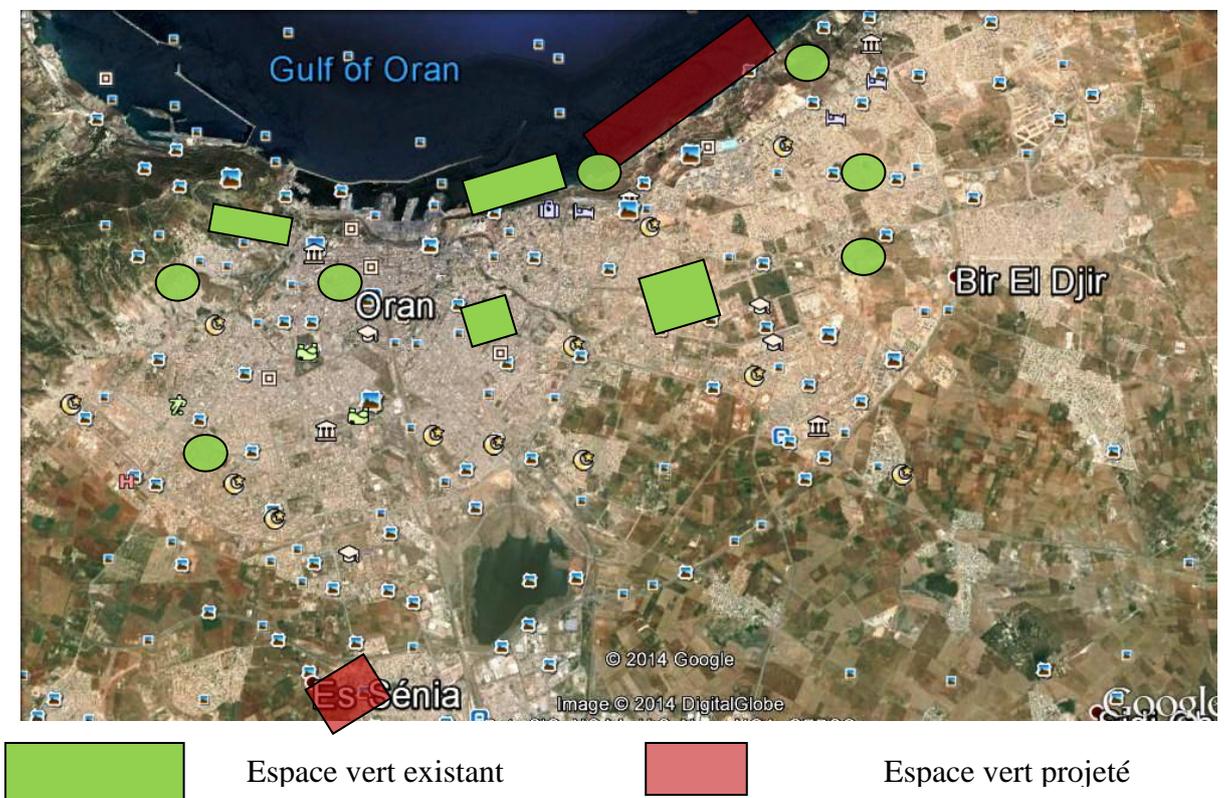
La menace est donc réelle. A titre d'exemple, le 'ratio espace vert' est de 14,5 m<sup>2</sup> pour la ville de Paris, 20 m<sup>2</sup> à Rabat, 8,2 m<sup>2</sup> à Marrakech, 36 m<sup>2</sup> à Amsterdam, 45 m<sup>2</sup> à Londres, 59 m<sup>2</sup> à Bruxelles, ou encore 321 m<sup>2</sup> à Rome.

Ainsi, les besoins en espaces verts sont évalués à 1736 Ha d'espace de verdure, le déficit est relativement très important (1520 Ha), soit sept (7) fois le potentiel existant.

Par ailleurs, il est à noter que seuls 30% de la superficie existante d'espace vert disposent des équipements récréatifs répondant à la demande sociale des quartiers qui l'entourent. Le reste se trouve dans une situation de dégradation et de sous-équipement avancée.

Cela laisse à conclure une certaine incompatibilité entre la logique d'extension spatiale des agglomérations et les besoins vitaux des populations résidentes.

Implicitement, cette tendance se dirige vers l'installation d'un 'désert écologique' en milieu urbain, ce qui s'oppose aux principes des 'villes durables', c'est-à-dire la combinaison entre bien-être social, environnemental et économique.



**Figure 5 :** espaces vert du G.U.O (source : révision du PDAU Oran 2014)

Pour combler ce déficit, des opérations de rattrapage conséquentes sont à engager en matière de verdure.

Dans ce sens, la concrétisation des projets (une cinquantaine d'espaces verts en intra-muros, le jardin méditerranéen d'Oran, le jardin botanique, et réhabilitations d'anciens parcs urbains, s'avère urgente. Il reste à noter qu'à l'heure actuelle, le grand projet du Jardin Méditerranéen est accompli

Il est attendu des phases ultérieures du PDAU, d'engager un "plan vert", donnant espoir à l'ensemble des communes du GUO pour retrouver leur équilibre écologique, quitte à dépasser le périmètre urbain en intégrant les potentialités écologiques de voisinage.

En d'autres termes, le souci majeur du G.U d'Oran est l'intégration des espaces potentiellement compétitifs en vue de substituer à cette tendance de "désert écologique" de l'espace urbanisé oranais et répondre à une demande sociale en espace de détente et de repos, conformément aux normes admises.

### **Conclusion :**

En effet, pour de nombreux spécialistes des questions environnementales, la ville d'Oran ne cesse de connaître, ces dernières années, et à une vitesse de croisière, un véritable « boom urbanistique » qui doit désormais se faire dans le parfait respect de l'environnement, notamment avec un intérêt particulier pour les espaces verts.

Les initiatives préservation des espaces verts et d'aménagement de nouveaux espaces récréatifs relève de la responsabilité de tous (pouvoirs publics, élus locaux, secteur privé et société civile), car il y va même de la réputation de cette ville méditerranéenne, surtout à un moment où la tendance mondiale actuelle est à la promotion du tourisme écologique.

Enfin, le GUO doit se fixer un premier objectif correspondant au seuil minimal d'espace vert de 10 m<sup>2</sup> par habitant à une échéance donnée.

Une fois ce ratio atteint, elle peut décider de le rehausser dans le cadre de son développement urbain à venir.

Rappelons que le seuil moyen est de 15 m<sup>2</sup>/habitant pour les tissus urbains à moyenne densité alors que le seuil optimal est de 25 m<sup>2</sup>/habitant pour les tissus urbains à faible densité. Ignorer cet aspect environnemental traduirait une attitude fataliste à l'égard du développement durable et de la gestion urbaine.

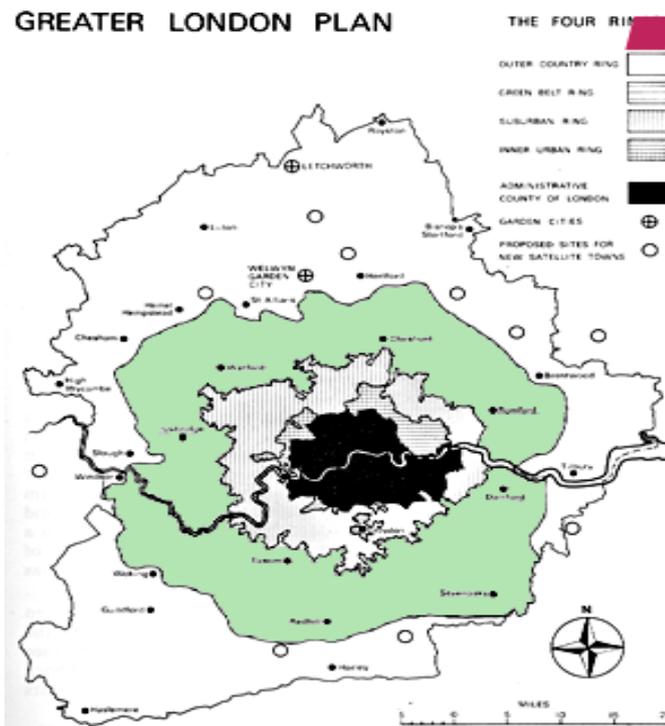


**CHAPITRE 6 : TRAME VERTE / BLEUE : UN OUTIL ALLIANT  
PRESERVATION DE BIODIVERSITE ET AMENAGEMENT DU  
TERRITOIRE**

## 6-1/ Aperçu historique de la ceinture verte :

Dans la philosophie, on remonte l'émergence du concept de ceinture verte au 7ème siècle, en faisant référence à la ville d'Israël, et à la bande de verdure de 12 miles de long établie par le prophète Mohamed autour de Médine.

En 1580, Elizabeth d'Angleterre a interdit la construction dans une ceinture verte de 3 miles de large autour de la ville de Londres dans une tentative pour arrêter la propagation de la peste. Dans les temps modernes, la politique de ceinture verte a été un pionnier dans le Royaume-Uni dans les années 1930. (Voir fig.6)



**Figure 6** : représentation de la ceinture verte dans le Royaume-Uni

Cette ceinture verte doit beaucoup aux idées prônées par Howard E13, qui à son tour, pour faire face aux problèmes d'extension de la ville de Londres et fuir ses nuisances, a envisagé de développer des petites cités de 30 000 habitants construites autour d'un parc central de forme circulaire.

La notion de ceinture verte n'est pas nouvelle, mais c'est à Londres qu'on retrouve une application concrète et récente d'une telle mesure (mise en place entre les années 1930 et 1950).

Le concept très évocateur a été par la suite souvent repris de façon plus ou moins rigoureuse et efficace. L'idée de base est simple ; créer une zone tampon composée de terres agricoles ou de milieux naturels.

Les objectifs associés sont multiples et prennent plus ou moins de place selon les époques et les modes :

- Assurer une capacité de production alimentaire à proximité de la zone populeuse,
- Préserver le patrimoine rural et l'accès à «la nature» pour les citoyens (notamment à des fins récréatives),
- Conserver la biodiversité,
- Bénéficier des effets bénéfiques de la proximité d'espaces verts (qualité de l'air, régulation climatique...), et bien entendu
- Limiter l'étalement urbain et favoriser une utilisation plus optimale du territoire.

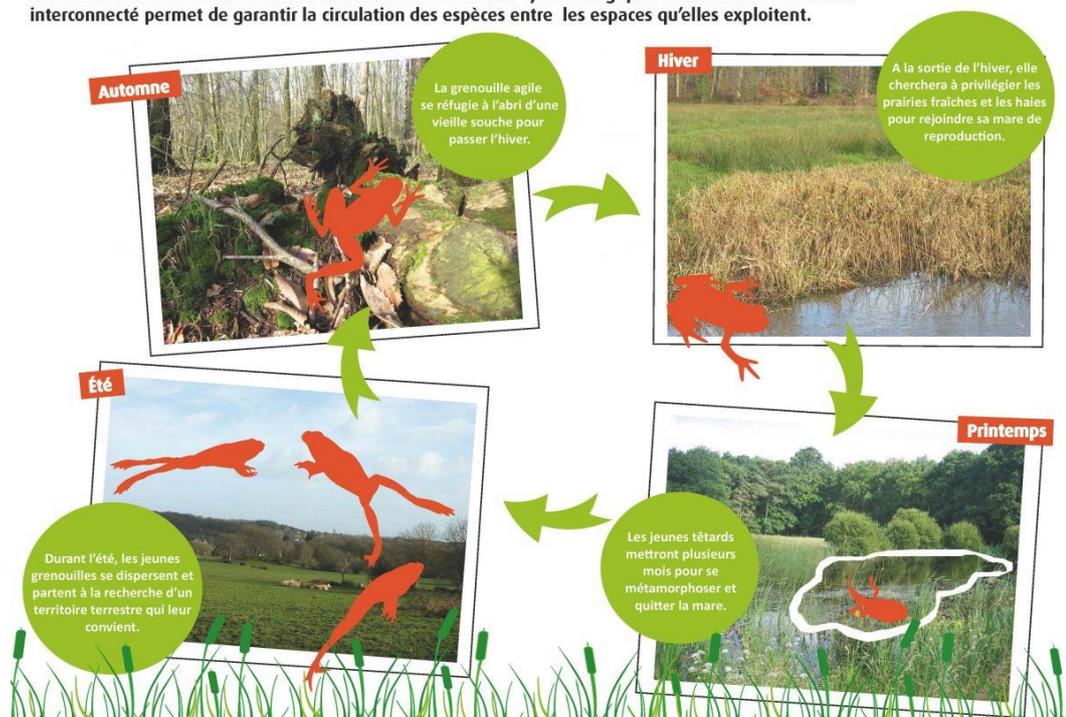
## **6-2/ La Trame verte et bleue, un réseau écologique pour la préservation de la biodiversité**

Le concept de trame verte et bleue affirme l'importance de la « nature ordinaire » au sein de la biodiversité.

Visible dans nos espaces quotidiens pour peu qu'on prête l'œil ou l'oreille, parfois même jusque sous notre toit, la nature ordinaire fait l'identité des paysages de nos territoires, de nos cadres de vie, qui les rendent uniques et reconnaissables entre tous.

Toute démarche en faveur de la trame verte et bleue commence par l'identification des continuités écologiques. Ces dernières sont composées à la fois des espaces où se concentre le plus la biodiversité, qualifiés de « réservoirs de biodiversité », mais aussi des espaces situés entre les réservoirs et qui permettent les échanges et les déplacements, appelés « corridors écologiques ».

Les animaux utilisent des milieux différents au cours de leur cycle biologique. Le maintien d'un réseau interconnecté permet de garantir la circulation des espèces entre les espaces qu'elles exploitent.



Source : DREAL Bretagne, RCT - Initiatives Durables

**Figure 7** : représentation du cycle biologique des grenouilles

La Trame verte et bleue (TVB) constitue un outil de préservation de la biodiversité visant à intégrer les enjeux de maintien et de renforcement de la fonctionnalité des milieux naturels dans les outils de planification et les projets d'aménagement.

Elle vise ainsi à freiner l'érosion de la biodiversité résultant de l'artificialisation et de la fragmentation des espaces, en particulier par la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, afin que les populations d'espèces animales et végétales puissent se déplacer et accomplir leur cycle de vie (alimentation, reproduction, repos...) dans des conditions favorables.

La Trame verte et bleue s'articule avec l'ensemble des autres politiques environnementales (aires protégées, Natura 2000, parcs naturels régionaux, plans nationaux d'actions en faveur des espèces menacées, objectifs de bon état écologique des masses d'eau, études d'impact, etc.), notamment dans le cadre de la stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020.

En complément des politiques fondées sur la connaissance et la protection d'espèces et d'espaces remarquables, la Trame verte et bleue prend en compte le fonctionnement écologique des espaces et des espèces dans l'aménagement du territoire, en s'appuyant en particulier sur la biodiversité ordinaire.

### **6-3/ Un outil d'aménagement du territoire**

La prise en compte des continuités écologiques identifiées dans par le biais des documents d'urbanisme), mais aussi grâce à la mobilisation d'outils contractuels, permet de mieux intégrer les enjeux de biodiversité dans les projets de territoire.

Si la Trame verte et bleue vise en premier lieu des objectifs écologiques, elle permet également d'atteindre des objectifs sociaux et économiques, par le maintien de services rendus par la biodiversité (production de bois énergie, pollinisation, bénéfiques pour l'agriculture, amélioration de la qualité des eaux, régulation des crues...), par la mise en valeur paysagère et culturelle des espaces qui la composent (amélioration du cadre de vie, accueil d'activités de loisirs...), mais aussi par les interventions humaines qu'elle implique sur le territoire (ingénierie territoriale, mise en valeur, gestion et entretien des espaces naturels, etc.).

### **Conclusion**

Sur le papier, la mise en place d'une ceinture verte est donc très attrayante, ce qui explique qu'au même titre que d'autres concepts, on en entende parler un peu à toutes les sauces.

Dans la réalité, les quelques expériences de ceintures vertes dignes de ce noms sont rares et leurs succès très discutés. Cette rareté est assez compréhensible.

Pour être crédible et efficace la mise en place d'une ceinture verte doit être accompagnée de mesures fortes en matière de réglementation de l'urbanisation ; les bonnes intentions ne suffisent pas.

Que cela passe par une maîtrise foncière des terres désignées par la collectivité ou par la mise en place de zones non constructibles définitives et non-négociables, des actions concrètes doivent exister.

Alors, est-ce qu'une ceinture verte appuyée par des actions et règlements forts permet d'atteindre les objectifs mentionnés précédemment ?

C'est malheureusement rarement le cas, et les problèmes arrivent surtout lorsqu'on considère le dernier objectif, qui est pourtant souvent au cœur d'une telle démarche. Si la mise en place d'une zone tampon non constructible peut freiner l'étalement urbain, ce n'est généralement que temporaire ; tôt ou tard, le développement urbain franchira cette barrière.

Sans que d'autres mesures orientent la façon dont se développe la collectivité à l'intérieur de la ceinture et la manière dont les municipalités de l'extérieur se développent, l'effort est à peu près vain.



**CHAPITRE 7: VERS UNE TRAME  
VERTE / BLEUE ORANAISE**

## **Introduction :**

La réintroduction de la dimension naturelle dans l'environnement urbain via de nouvelles configurations spatiales paysagères jouent également dans les modes d'habiter urbain (Blanc, 2010).

Après le volet « espace » nous allons passer aux deux autres volets, qui jouent un rôle important pour la constitution de toute stratégie de ceinture verte. Comme nous avons vu précédemment, la trame verte en plus d'être un espace, est également une vision partagée entre différents partenaires et une démarche qui permet l'élaboration d'un ensemble d'actions en collaboration avec les citoyens, communes, associations, décideurs, élus des territoires concernés.

Ce qui consiste à élaborer une planification territoriale de tout un projet, basé sur une gamme d'outils et d'instruments nécessaires pour sa mise en œuvre.

La cartographie des trames pose plusieurs problèmes, car elle suppose au préalable des connaissances écologiques concernant les espaces étudiés. Et aussi parce que on connaît la plupart des sites favorables à la biodiversité, mais on ignore très largement les espaces de connectivité entre les zones.

Faire des cartes des trames qui impliquent les deux structures, que ce soit au niveau d'une région ou au niveau d'une commune pose aussi un ensemble de problèmes techniques et méthodologiques concernant les types de supports et les échelles de travail (Clergeau et Désiré, 1999 ; Ménard et Clergeau, 2001 ; Blanc et Clergeau, 2010) in « Trame Verte et Bleue : Utilisation des cartes d'occupation du sol pour une première approche qualitative de la biodiversité ; Sandrine Liénard et Philippe Clergeau ».

## **7-1/ Trames et échelles**

Une "trame" est constituée de deux types d'élément (Figure 1) :

les noyaux d'habitat ; les corridors (Burel et Baudry, 1999 ; Clergeau, 2007).

Les noyaux d'habitat sont les grandes zones naturelles, protégées ou non (parcs régionaux ou nationaux, grandes forêts régionales, etc.). Plus ces espaces sont grands, plus ils accueillent des habitats différents et de nombreuses espèces.

On les appelle parfois les noyaux "primaires" ou "réservoirs de biodiversité" car ils sont en général les principales sources d'espèces pour une grande partie des territoires voisins.

Cependant, il existe beaucoup d'autres noyaux d'habitats plus petits jouant aussi des rôles dans la conservation de la biodiversité.

Selon leur surface, leur âge et leur composition, ces noyaux "secondaires" (un bois, une lande, etc.) seront aussi bien des sources d'espèces remarquables que des habitats pour des espèces courantes (on parle de biodiversité ordinaire), que des éléments de continuité entre des sources d'espèces.

Le deuxième élément correspond aux corridors biologiques connectant les noyaux d'habitat et permettant le déplacement des animaux et des plantes ; leur efficacité a été démontrée dans de nombreux cas d'habitats et d'espèces (voir synthèse de Jongman et Pungetti, 2004).

Plus ces corridors sont larges et continus, plus ils sont connus pour être efficaces pour un maximum d'espèces.

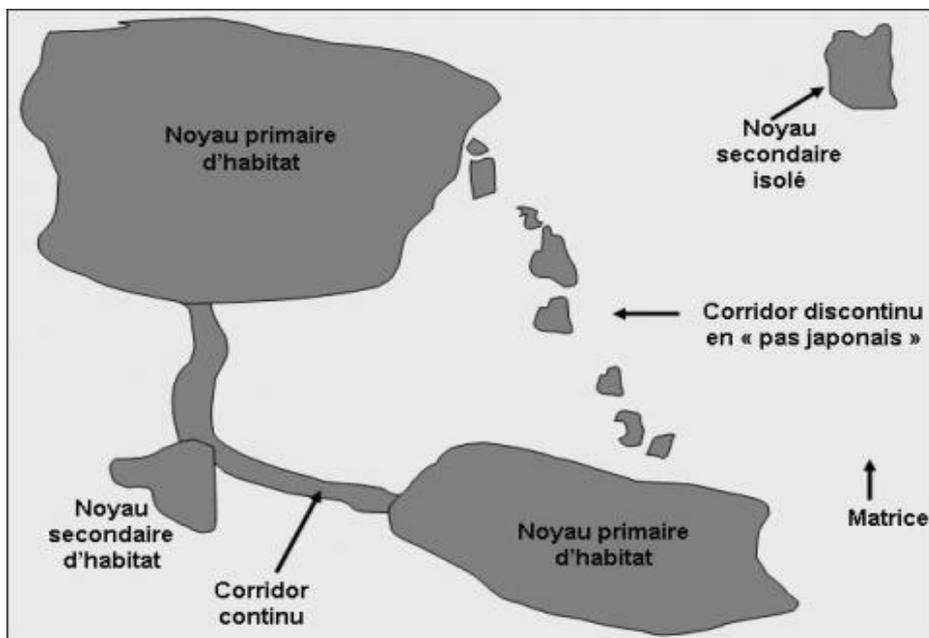
Les types de corridors seront bien évidemment différents selon les types d'espèces. Les espèces forestières utiliseront des haies, des chemins creux et des bandes boisées pour se déplacer (par exemple l'écureuil ou le grimpeur) alors que des espèces des prairies préféreront les espaces naturels ouverts (par exemple le papillon ou l'hirondelle).

Pour être précis, il faudra donc considérer plusieurs types de corridors. C'est ce qui est généralement proposé en définissant des "sous-trames" de forêts, de zones humides, de cours d'eau, de pelouses sèches, etc.

La prise en compte de la biodiversité offre de réelles opportunités et possibilités pour des études territoriales et paysagères ultérieures.

Ceci est surtout valable quand on veut faire ressortir la taille de l'habitat et le nombre d'espèces, sachant qu'il existe aussi de nombreuses relations entre types d'habitat.

Actuellement, il y a une tendance à extrapoler la notion de trame verte en y incluant pratiquement tout ce qui est habitat terrestre (forêt, lande, etc.) et celle de trame bleue tout ce qui est zone humide et habitat aquatique



**Figure 8 :** Les éléments constitutifs du paysage en écologie du paysage.

Une « trame » est constituée de noyaux d'habitat et de corridors.

Ceci nous permet doré et déjà d'annoncer une première démarche d'analyse qui propose une traduction des occupations du sol projetées en réelles potentialités de biodiversité pour permettre tout à la fois de dresser une première typologie des territoires mais également de procéder à une première évaluation de leurs connectivités.

Enfin la matrice est le troisième élément constitutif d'un paysage pour l'écologue. La matrice est le milieu interstitiel qui est peu ou pas optimal pour les espèces (Burel et Baudry, 1999). Dans le cas des zones rurales, il s'agit par exemple des zones cultivées de façon intensive. L'efficacité d'un corridor en milieu agricole est donc liée au type d'espèce considérée, à l'habitat que l'on veut favoriser, à la qualité de la matrice, à l'éloignement entre les noyaux d'habitats sources, etc.

C'est pourquoi, l'approche est d'emblée complexe, surtout si celle-ci est globale.

Elle l'est tout autant pour le milieu urbain qui se caractérise par sa complexité et sa globalité. Un milieu urbain où l'on ne connaît pas bien encore le comportement des espèces aux matrices très imperméables, c'est-à-dire aux effets du bâti (Clergeau, 2007).

C'est cette complexité et cette globalité qui nous dicte un recours systématique à l'utilisation des outils relevant des systèmes d'information géographique.

La multitude de paramètres qui caractérisent les différents éléments du milieu aussi bien pris dans leurs dimension d'écosystème et/ ou territoriale entre (corridors) se définissent en fonction de leurs formes, de leurs localisations respectives, et de leurs surfaces.

Cette approche et cette manière d'appréhender la complexité aussi bien du milieu que du territoire nous conduit impérativement vers une modélisation qui devra impliquer ultérieurement la qualité de ces espaces, soit par validation terrain soit par intégration d'autres indicateurs de biodiversité.

## **7-2/ DEMARCHE :**

L'objectif est de ressortir les fusions entre la trame verte et bleue dans un espace fortement urbanisé. Ces fusions correspondent aux zones de continuités écologiques.

Pour se faire, les données topographiques « MNT », satellitaires présentant un support cartographique dans un même référentiel cartographique, hydrologique, et contribuent à la cartographie multicritère.

Seront incontestablement d'un réel apport dans notre démarche et investigations.

Pour atteindre notre objectif, on a fait appel aux données multi sources suivantes :

### **7-2-1/ Données topographiques :**

Un type spécifique de données raster appelé MNT est utilisé pour modéliser la trame verte&bleue d'Oran.

Chaque cellule de la grille MNT contient une valeur correspondant à son altitude dans le monde réel.

Les MNT possèdent un rôle important en termes d'analyse spatiale et leur intégration au sein de « SIG ». Les données téléchargées en format SRTM sont importées dans un SIG (Arcgis) afin de les caller et les interpoler avec un maillage voulu.

Le MNT utilisé est de type ASTER SRTM pour extraire la bathymétrie et les zones inondables présentant la trame bleue dont les caractéristiques géographiques sont :

Résolution : 30 m.

Système de coordonnées géographiques : Latitude /Longitude converti en UTM 30 N. Ellipsoïde de Clark (surface mathématique) et le géoïde (surface physique) est de type WGS84.

Format du fichier : GeoTIFF (\*.tif) convertis en format ASCII ARCINFO (\*.asc).

### **7-2-2/ Données satellitaires :**

La nature du phénomène à étudier peut conditionner le choix des produits, des capteurs, du nombre de dates de prise de vue.

En ce qui nous concerne et en fonction des disponibilités et possibilités nous avons utilisé les données qui relèvent des images Landsat.

Dans notre cas d'étude les images satellites Landsat8 datées du 13/08/2013 et couvrant l'ensemble de la région d'Oran, ont servies comme outil d'analyse et d'interprétation.

Les données sont récentes de type multi spectrales avec un pouvoir de détection meilleur constituant une continuité des missions spatiales des séries Landsat.

### **7-2-3/ Logiciels utilisés :**

Dans le cadre de notre travail, nous avons utilisé les logiciels suivants : Arc Gis 10.1, Mapinfo 11.5 Graphab 1.2.3, TerrSet

**Arc Gis 10.1** est un ensemble de logiciels SIG développés par la société Américaine ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). C'est un système regroupant des logiciels clients (ArcView, ArcEditor, ArcInfo et ArcExplorer) et des logiciels serveurs (ArcSDE et ArcIMS).

Il constitue donc un SIG permettant de visualiser, interroger, analyser et permettre d'archiver les données. Il fournit ainsi des outils interactifs pour explorer, sélectionner, afficher, éditer, analyser, symboliser et classifier les données ou pour créer automatiquement, ainsi de mettre à jour ou gérer les métadonnées.

Le programme **Graphab** est un outil de modélisation des réseaux écologiques fondé sur les graphes paysagers. C'est un outil intégré composé de 4 modules :

- création de graphes à partir d'une carte de paysage ;
- identification des taches d'habitat et des liens (distance euclidienne ou chemin de moindre coût)
- calcul d'un grand nombre de métriques de connectivité
- intégration des métriques de connectivité dans un modèle de distribution d'espèce - interface de géo-visualisation

Le programme Graphab a été développé par Gilles Vuidel et Jean-Christophe Foltête au laboratoire ThéMA (Université de Franche-Comté – CNRS).

Le logo de Graphab a été conçu par Gachwell. Le programme Graphab est disponible au téléchargement gratuitement pour un usage non-commercial. Les utilisateurs de Graphab sont invités à citer la référence suivante dans leurs travaux : Foltête J.C., Clauzel C., Vuidel G., 2012. A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. *Environmental Modelling & Software*, 38: 316-327.

**TerrSet** (anciennement IDRISI) est une approche intégrée du système d'information géographique (SIG) et télé-détection logiciel développé par Clark Labs à l'Université Clark pour l'analyse et l'affichage de l'information géospatiale numérique. TerrSet est un système basé sur la grille-PC qui offre des outils pour les chercheurs et les scientifiques engagés dans l'analyse dynamique du système terrestre pour la prise de décision efficace et

responsable de la gestion de l'environnement, le développement durable des ressources et la répartition équitable des ressources

Ces outils SIG constituent la plateforme technologique sur laquelle sont mise en œuvre les applications relevant de l'analyse spatiale monocouche et multicouche et aux traitements et analyse des données satellitaires.

### **7-3/ Organisation du travail**

Le travail est réalisé à l'échelle régionale de la wilaya d'Oran ensuite il passe à l'échelle locale représentée par le groupement urbain d'Oran.

Enfin une modélisation de trame de biodiversité sera possible, ceci va permettre d'analyser le cheminement, la position, ainsi que le rôle du couloir vert du G.U.d'Oran ;

En premier, on a fait ressortir la carte des pentes afin de déterminer la direction d'écoulement des eaux de la région d'Oran. Cette dernière nous a permis de classer les zones à risque érosif à l'aide de l'indice d'humidité ; la direction d'écoulement des eaux représente une trame bleue, le risque d'érosion nous oriente vers l'aménagement raisonnable.

La deuxième étape, fait ressortir la trame végétale à l'aide de l'indice de végétation « NDVI », cette trame est classée en cinq classes afin de faire ressortir les principaux types du couvert végétal de la région en général pour passer vers la fin à une extraction par masque de notre zone d'étude. Les résultats obtenus nous servent à une projection d'un aménagement vert.

Troisièmement, en se basant sur la théorie des graphes, (espace vectoriel topologique/espace euclidien non topologique), on a entamé le processus de fusion ou agrégation spatiale par les opérateurs de géotraitement conçus entre trame verte et bleue et ressortir les zones de continuités écologiques, les corridors et les connexions par une suite de tessellation de Thiessen ou région de voronois (dualité). Afin de déterminer le processus de segmentation des meilleurs emplacements (cercles concentriques autour des noyaux urbains), on a fait référence aux modalités de choix des variables de voisinage qui nous intéressent pour la modélisation orientée objet sur SIG afin d'extraire les limites géométriques des trames

Pour amener à nos résultats plus de précision on a accompli une carte de température de surface ou carte thermique des sols. A l'échelle du G.U.O, les températures de surface indiquent la répartition du couvert végétal, et révèle le déficit. Elles nous renseignent aussi sur les conditions de stress hydrique, des conditions favorables des habitats écologiques, de rafraîchissement et adaptation climatique (îlot de chaleur périurbain, consommation d'énergie, aménagement des espaces verts (cultures, agriculture, etc.) ainsi que l'écotourisme.

#### **7-3-1/ Extraction sur la zone d'étude : wilaya d'Oran**

Nous avons fait appel à l'extraction des limites de la wilaya d'Oran par la fonction (Outils Spatial Analyse / Extraction → Extraction par masque) dans ArcToolbox.

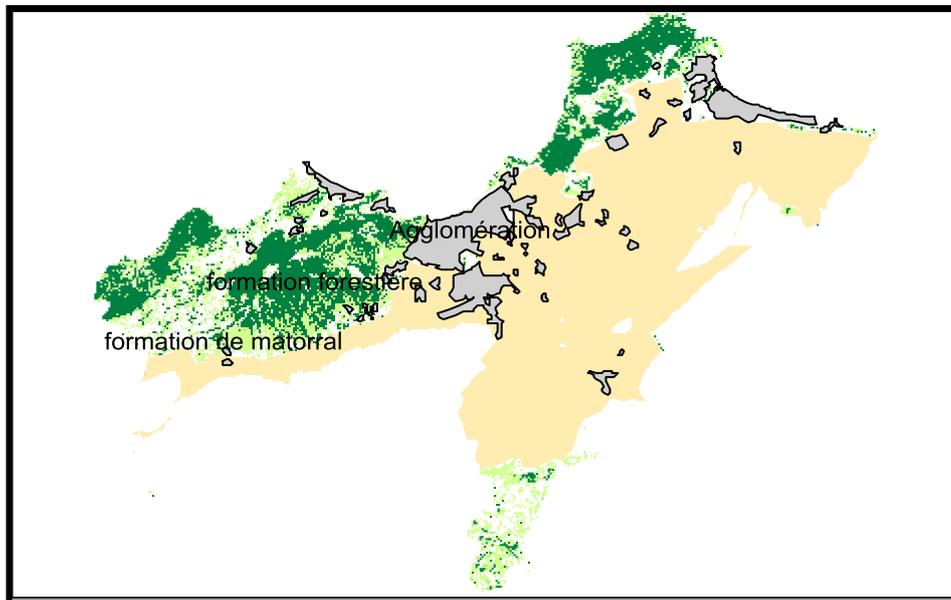
La figure ci-dessous montre l'extraction du MNT GDEM ASTER sur notre zone d'étude

### **7-3-2/ cartographie générale d'occupation du sol :**

Elaborée dans le cadre de la mise en place d' une plate forme régionale d'observation de l'environnement dont ; l'objectif est double :

- fournir un référentiel cartographique de la région,
- apporter une donnée homogène pour des analyses environnementales thématiques à l'échelle régionale

La carte d'occupation des sols est réalisée auprès de l'ANAT, 2015. Elle est importée sous le logiciel Graphab permettant la modélisation des graphes de de connexité (figure 1).



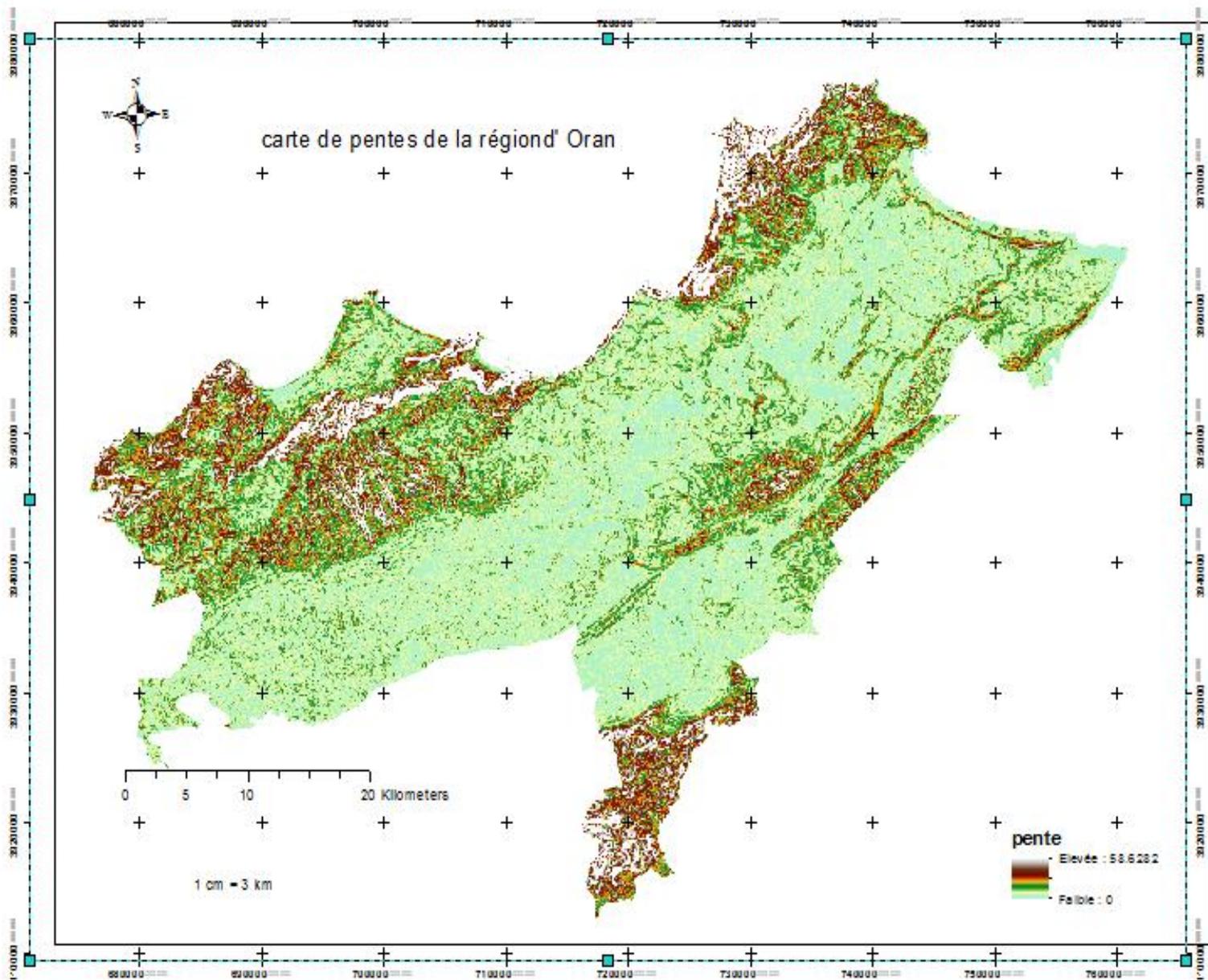
**Figure 9 :** Carte d'occupation du sol de la région d'Oran sous Graphab

Ce support cartographique a été mis à jour et validé selon les images satellitaires Landsat récentes. La classification dirigée a été réalisée pour enrichir les classes obsolètes (confusion radiométrique et masquage des zones d'intérêts).

### **7-3-3/ carte des Pentes :**

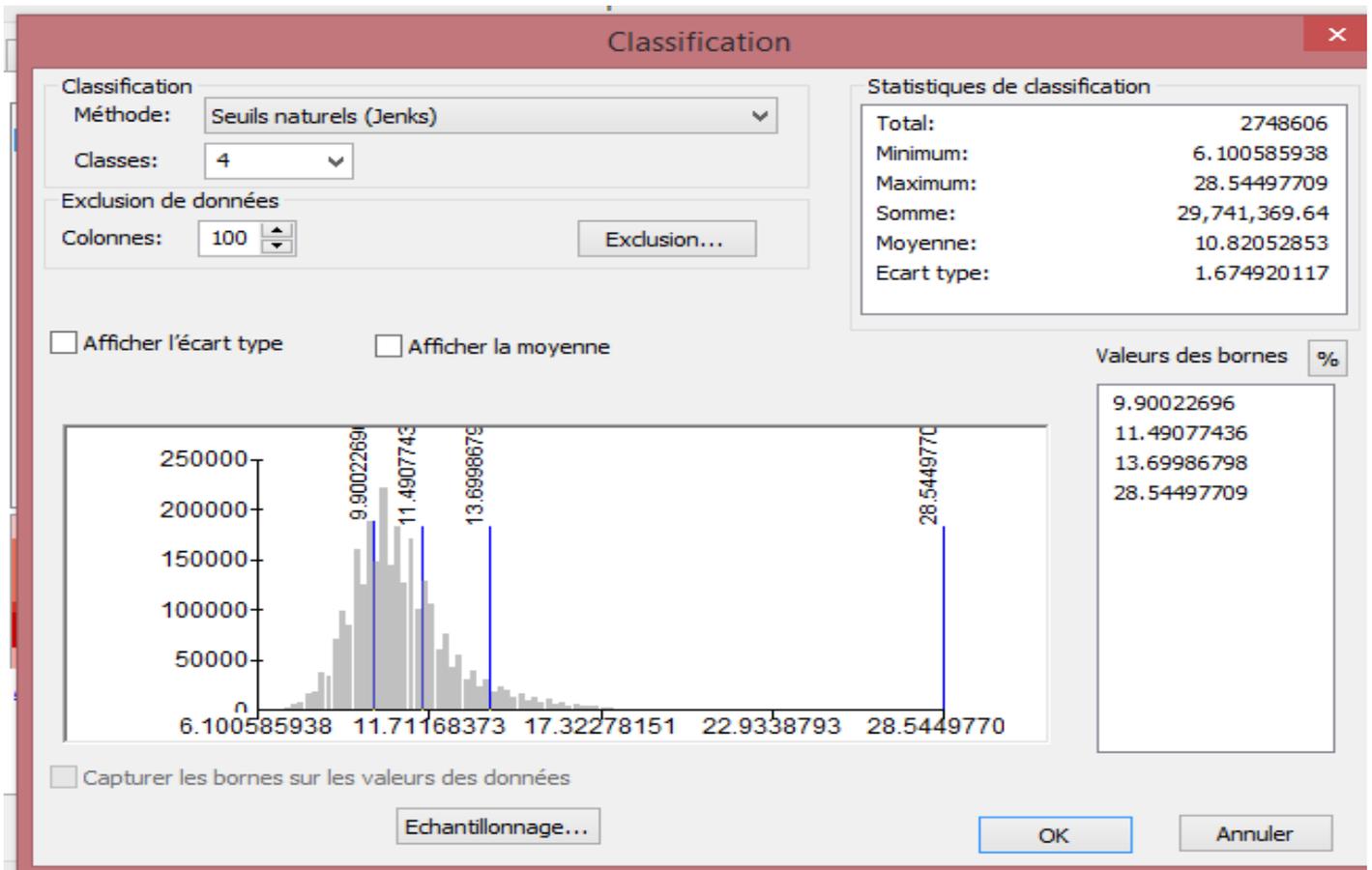
La carte des pentes intervient dans la détermination de la direction d'écoulement permettant à l'eau de ruisseler, rendant le terrain vulnérable à l'érosion hydrique (Boukheir & al. 2001). Comme elle aide à la cartographie de la sensibilité au risque érosif par son intégration dans l'hydro morphométrie.

La classification de la sensibilité à l'érosion selon la pente (Flouriot, 1974) est illustrée. Les valeurs ont été regroupées en quatre classes, sa classification sous logiciel ArcGis est comme suivant :



**Figure 10** : Cartographie des pentes de terrain (en degrés) région d'Oran

La carte des pentes est primordiale pour une cartographie rapide et de qualité du risque érosif hydrique. Pour ce faire, nous avons jugé utile de classer le risque érosif hydrique potentiel pour des orientations des travaux d'aménagement de l'espace vert. La méthode des seuils d'histogramme naturels a été employée selon la sévérité du risque érosif à impacter la bi-trames verte et bleue (tableau1).



**Tableau 1 :** Classification du risque érosif hydrique selon la méthode des seuils naturels – paramètre de pente

La zone d'étude ne présente pas un large éventail de valeurs de pentes allant de 9.9% à 28%, montre que les pentes les plus abruptes, très fortes à fortes, se concentrent dans les parties nord-ouest (monts du Murdjadjo). Par conséquent, les valeurs de pente sont généralement modérées dans les zones de bas piémonts et faibles à très faibles dans la zone des plaines). Les résultats de compilation sont illustrés selon le tableau suivant :

Classes de pente (en %)	Risque d'érosion
0% – 9%	Risque d'érosion nul
9% – 19%	Risque d'érosion faible
19% – 28.5%	Risque d'érosion modérée
28.5% – 38%	Risque d'érosion fort
>38%	Risque d'érosion très fort

**Tableau 2 :** Classification du risque érosif hydrique selon la pente

On constate que l'érosion hydrique se déclenche pour des pentes supérieures à 9% alors que dans le milieu naturel elle pourra atteindre un degré moins (à partir de 4%) selon l'adaptation climatique du milieu étudié. Le risque fort n'existe pas dans le milieu urbain à cause du cadre bâti, milieu urbain, construction parallèles aux courbes de niveaux, etc.).

**7-3-4/ La Direction des écoulements :**

Les eaux de la région oranaise s'écoulent en général vers la plaine, Cela correspond à la localisation de l'exutoire.

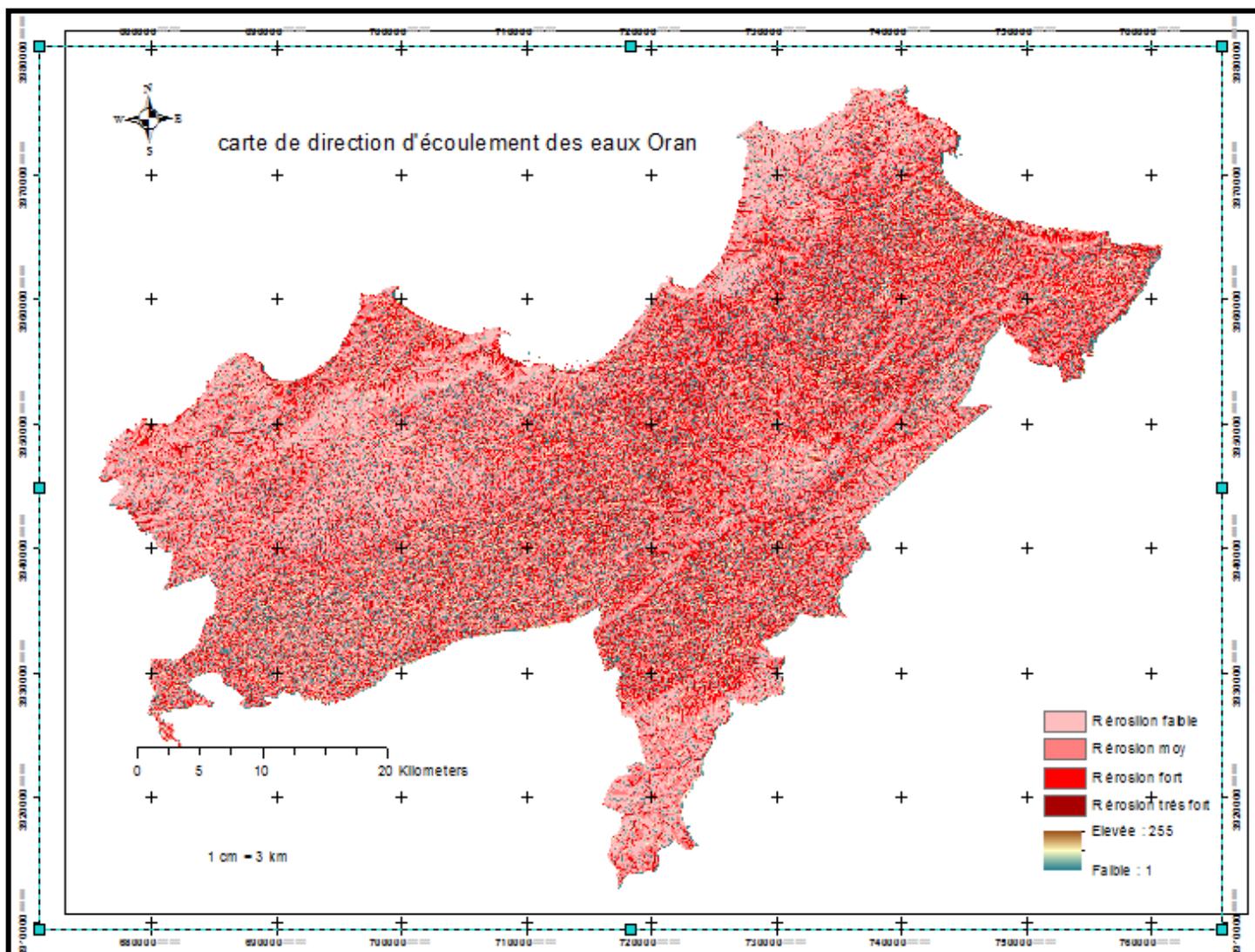
Le Calcul automatisé de l'indice d'humidité topographique « TWI » (Raster Calculator - ArcGis) fait appel à une analyse spatiale multicouche sous ArcGis 10.1 qui travaille en radians. Les résultats de compilation permettent la spatialisation de cet indicateur. Les valeurs de l'indice « TWI » ont été regroupées en quatre classes selon le tableau suivant :

Classes de TWI	Risque érosif
<4	Risque érosif faible
4 - 8	Risque érosif moyen
8 -10	Risque érosif fort
>10	Risque érosif très fort

**Tableau 3 :** Classification du risque érosif hydrique selon l'indice d'humidité « TWI »

Globalement la carte est dominée par la présence de sensibilité faible dans les zones relativement plate. Plus la pente est importante plus le couvert végétal est bien répandu (figure3).

La trame verte du G.U.O comprend des zones à risque érosif. Pour cela la nécessité d'implantation des arbres est indispensable afin de freiner le phénomène érosif dans ces zones.



**Figure 10** : Cartographie de la direction d'écoulement région d'Oran

L'échelle de représentation de l'indice d'humidité reste subjective et requiert un zoom à l'échelle réduite pour que la variation des changements apparaisse nettement améliorant la cartographie des zones humides cadastrées.

### ***7-3-5/ la couverture végétale :***

L'approche basée sur l'indice « NDVI » est utilisé pour estimer la quantité de biomasse présente sous forme d'un rapport normalisé entre la réflectance proche infrarouge et la réflectance acquise dans la bande spectrale rouge.

Sa détermination est régie par la formule suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R})$$

**R** : Canal du rouge et **PIR** : Canal du Proche Infra Rouge.

La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets d'éclairement. Le NDVI conserve une valeur constante quelque soit l'éclairement global, contrairement à la simple différence qui est très sensible aux variations d'éclairement.

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge.

Pour les sols nus, les réflectance étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0.

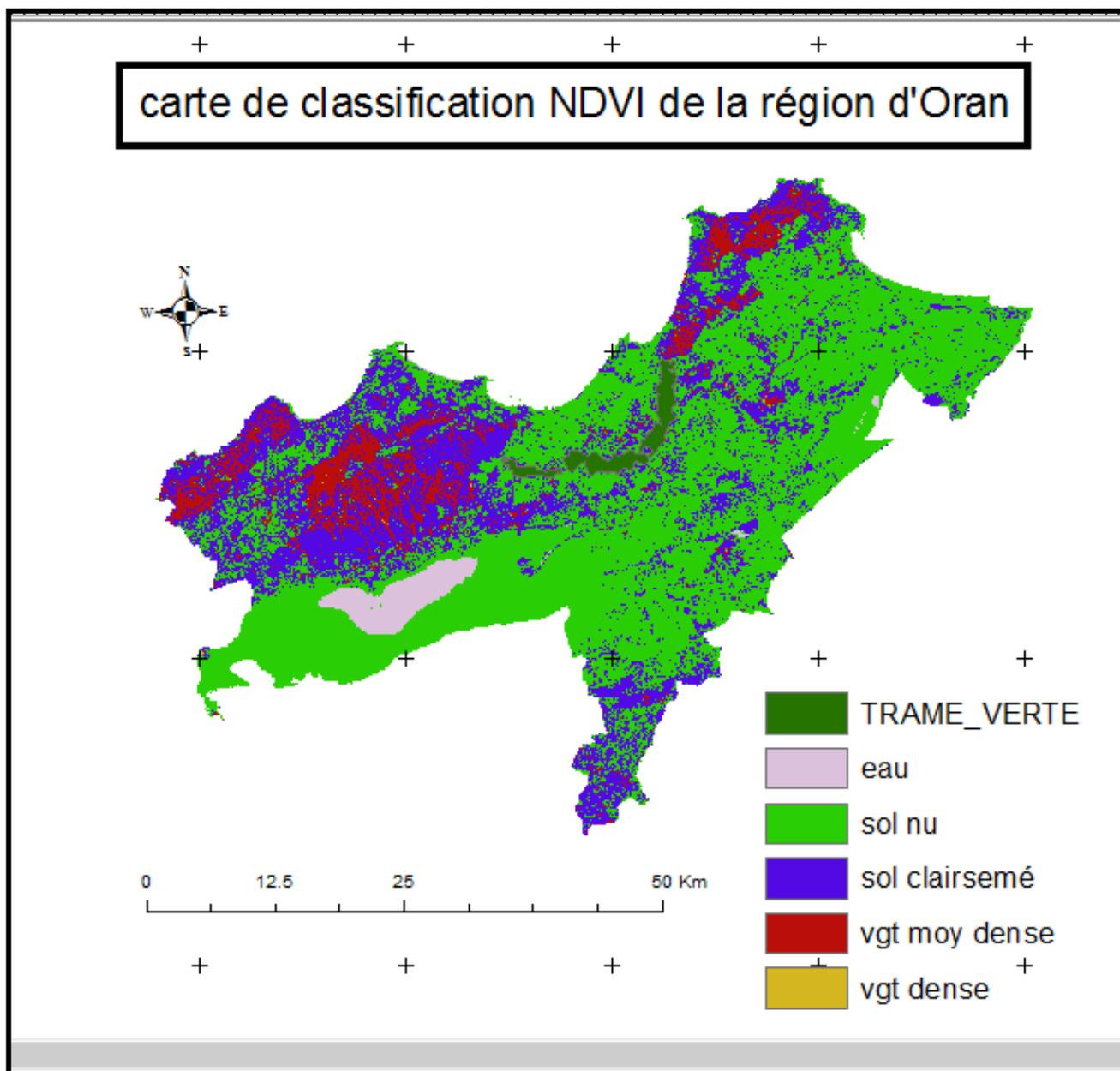
Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7 - les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

L'idée à travers ceci est de faire ressortir les principaux types du couvert végétal, donc les valeurs négatives sont significatives de dégradation du couvert végétal, alors les valeurs positives sont significatives d'une expansion de la végétation

NDVI	classe
< -0.1	Eau
-0.1 < NDVI < 0.15	Sol nu
0.15 < NDVI < 0.25	Sols clairsemée
0.25 < NDVI < 0.4	Végétation moyennement dense
> 0.4	Végétation dense

**Tableau 4** : Classification de l'indice de végétation normalisé « NDVI »

La cartographie de la carte « NDVI » classifiée est superposée avec la couche thématique de la trame verte comme suit :



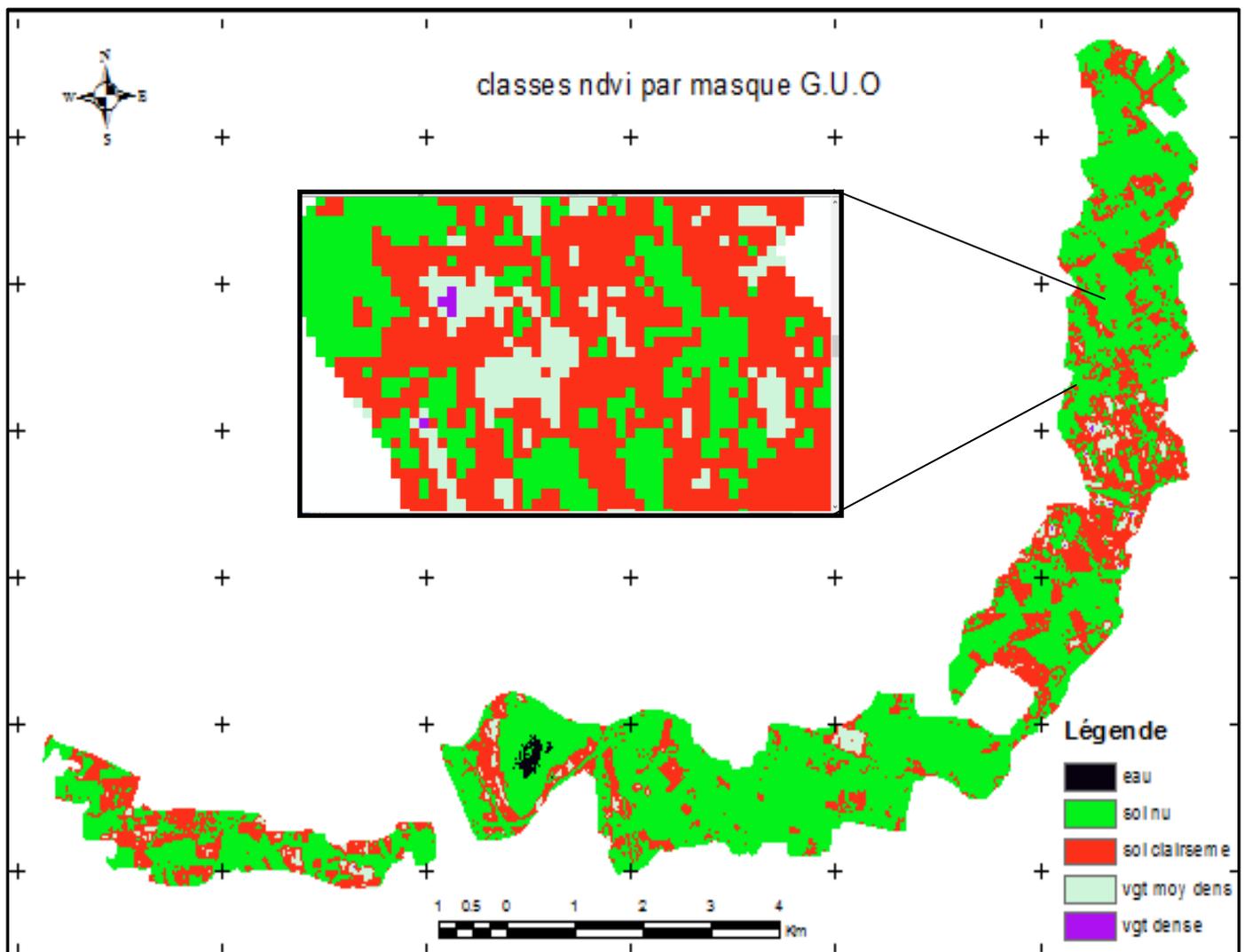
**Figure 11** : Cartographie des classes NDVI - région d'Oran (bulletin of engineering geology and the environment)

Des anomalies négatives de l'ordre de 0.37 représentés en rouge brique sont enregistrées sur les régions proches de la sebkha de Mesreguine et celle d'Arzew, contrairement des anomalies significatives positivement de 0.54 sur Arzew, Gdyel, Boutlils, et Messreguine

Les images NDVI sont utilisées pour suivre l'état du couvert végétal à travers la région d'Oran. Nous pouvons conclure que les sols nus sont dominant, ceci nous oblige à

tirer la sonnette d'alarme afin d'établir un aménagement végétal comblant le déficit en rapport avec la demande écologique de la région.

Le couloir vert du G.U.O limité par deux formations à végétation moyennement dense - Gdyel du côté Est, et Messreguine à l'Ouest- suit le chemin d'une trame végétale régionale avec une surface **25.6801 km<sup>2</sup>** sur un périmètre de **52.2699 Km**



**Figure 12** : Cartographie de l'évolution du stade végétatif de la trame verte

La trame verte oranaise comprend cinq classes de végétation les sols nus couvrent pratiquement toute la trame, en deuxième position on retrouve une végétation clairsemée ; les classes de végétation dense et moyennement denses se retrouvent à l'intérieur des sols nus. La classe eau se retrouve juste au niveau de Dayet Morsli

La figure 12 illustre la délimitation de la trame verte selon le plan P.D.A.U 2014 mais avec la nouvelle classification NDVI correspondante à la même trame. Cette dernière permet le constat d'évolution végétale dans les limites de la trame verte.

### **7-3-6/ simulation de corridors et réservoirs de biodiversité**

Les modifications de l'occupation du sol induites par l'étalement urbain, la densification des réseaux de transport et les mutations agricoles contribuent à fragmenter les habitats de certaines espèces et peuvent conduire à remettre en question la viabilité de populations animales et végétales.

L'intégration des questions de réseau écologique et de connectivité paysagère dans l'aménagement et la gestion du territoire (Trame Verte et Bleue) est donc un enjeu crucial pour le maintien de la biodiversité.

Dans ce contexte, la modélisation des réseaux écologiques est une approche intéressante pour réaliser des diagnostics, hiérarchiser les actions à mener (restauration écologique par exemple) et comparer des scénarios prospectifs d'aménagement ou de conservation.

Graphab est une application logicielle pour la modélisation de réseaux écologiques en utilisant des graphiques de paysage. Il est composé de quatre modules pour: graphiques, y compris la construction du chargement de données de paysage initiales et l'identification des correctifs et des liens; calculer des métriques de connectivité à partir de graphiques; intégration fondées sur les graphiques de connectivité métriques dans les modèles de distribution des espèces; et interface visuelle et cartographique.

La multitude de services écosystémiques offerts par les zones humides, nous a permis de les considérer comme étant des réservoirs de biodiversité sous le logiciel graphab afin de réaliser une simulation de corridors écologique.

Dans le cadre de modélisation de réseaux écologiques, La théorie des Graphes est de plus en plus utilisée. Elle rend possible de travailler avec une série d'indicateurs permettant de caractériser les liens et les nœuds et de créer ainsi des graphes paysagers.

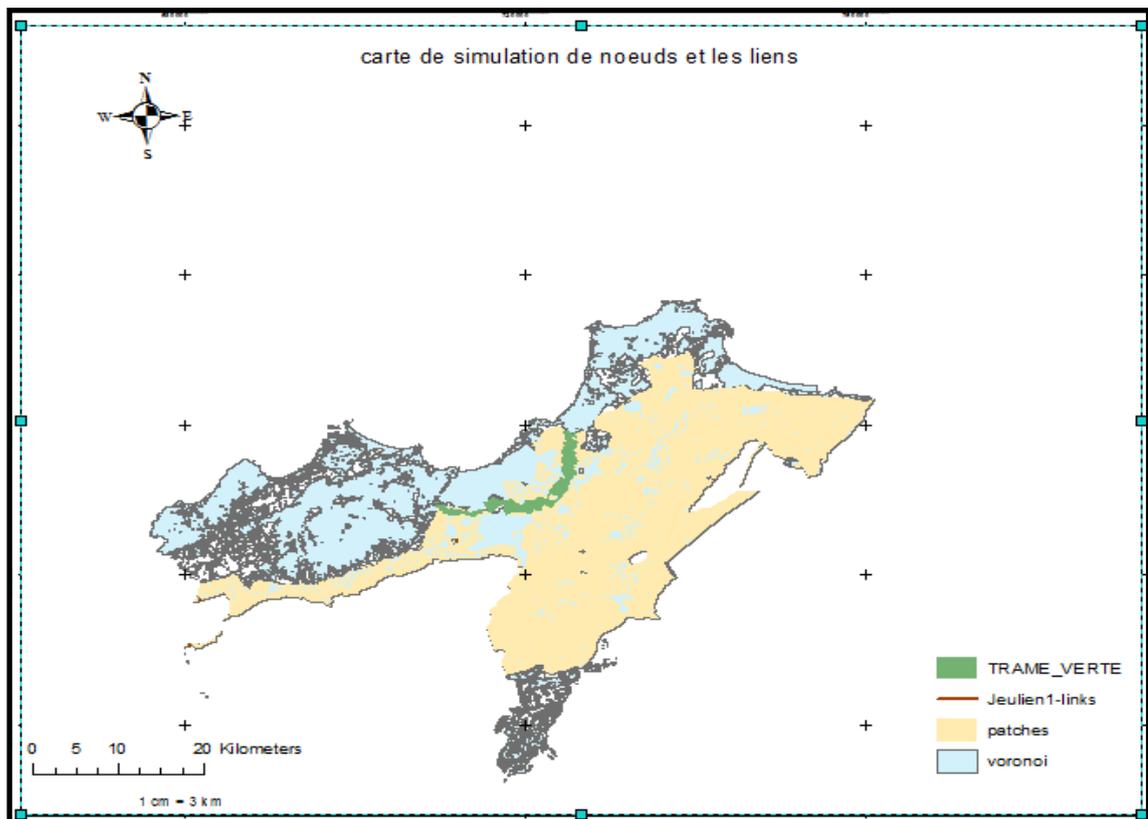
Toutes les taches d'habitats favorables sont reliées entre elles par des liens et à chaque type d'occupation du sol est attribué un coût de perméabilité/friction. Ce coût est plus élevé pour les espaces les moins propices et plus faible pour les plus favorables.

Les liens reliant les habitats favorables correspondent à des chemins de moindre coût de déplacement. Les espèces vont avoir tendance à privilégier à la fois les courtes distances et les espaces favorables (aussi appelé nœuds).

Ainsi un réseau écologique est formé de liens et de nœuds et lors de leur parcours les espèces sont susceptibles de traverser plusieurs liens et plusieurs nœuds. Le réseau écologique

considéré peut être ajusté en fonction des capacités de déplacement de chaque espèce et leur écologie, il est possible de déterminer un seuil au-delà duquel le coût de déplacement est trop important et le lien inutilisable.

Ainsi certaines taches d'habitats se retrouvent isolées des autres parce qu'elles sont entourées de zones inhospitalières et/ou trop éloignées. Inversement certains liens prennent de l'importance car ils permettent de connecter des taches d'habitats très favorables.



**Figure 13** : Cartographie sous Grapahab des nœuds et des couloirs écologiques

L'interprétation de cette figure à travers la vue topologique affichant une vue simplifiée du graphe où les nœuds sont représentés par des cercles et les liens par des lignes droites de centroïde à centroïde.-les centroïdes correspondent aux zones d'influences-

La vue réaliste affiche les taches d'habitat selon leurs limites réelles et les liens sont représentés par les chemins de moindre coût entre deux taches

La modélisation informatique a permis de cartographier le réseau écologique et d'identifier les sites stratégiques du territoire de la région oranaise. De grandes continuités à préserver ont été mises en évidence généralement selon un axe Nord-Sud.

De nombreuses continuités à restaurer se situent selon un axe Est-Ouest, probablement fragmentées par le tissu urbain de l'agglomération d'Oran et les infrastructures linéaires.

Ainsi les notions de corridors écologiques et de ruptures sont définies de façon assez générale mais dans la réalité ne concernent que certains groupes d'espèces. Les déplacements

d'un oiseau ou d'un papillon seront beaucoup moins contraints par un cours d'eau que ceux d'un mammifère

La modélisation des chemins préférentiels a abouti au tracé de nombreux petits corridors principaux au sein des grands massifs forestiers et au niveau des zones humides confirmant l'existence des grandes continuités.

Le tracé de la bande verte du G.U.O bien qu'il est limité par des réseaux condensés surtout du côté Est d'importantes ruptures ont été déterminées sur le territoire

Les impacts du changement climatique sur la biodiversité sont encore mal connus notamment en raison de l'existence de plusieurs scénarios, de possibles modifications de comportements et pratiques, d'effets de seuils, etc. Il est donc important de développer les suivis et expérimentations pour améliorer la connaissance de ces phénomènes.

A l'échelle des territoires, les prévisions climatiques peuvent permettre d'identifier d'éventuelles menaces et opportunités pour les continuités écologiques.

En facilitant le déplacement des espèces et en encourageant le maintien et la restauration d'écosystèmes diversifiés et fonctionnels, la TVB a pour objectif d'accompagner les évolutions du climat.

Elle peut contribuer tant à l'atténuation des changements climatiques (exemple des éléments de trames en milieu urbain contribuant à la diminution des îlots de chaleur) qu'à l'adaptation à ces changements (déplacement facilité des espèces vers des espaces plus favorables).

Il convient donc de maintenir une diversité de continuités écologiques, de limiter la fragmentation de l'espace pour faciliter les échanges génétiques et le déplacement des aires de répartition des espèces sauvages.

La restauration du bon fonctionnement des écosystèmes assurera une meilleure résistance aux perturbations. Ceci peut être pris en considération lors d'une planification d'une trame de biodiversité,

### **7-3-7/ Réalisation de la carte thermique de surface :**

Pour affirmer nos résultats on a opté vers une superposition de la carte de biodiversité sur une carte de température de surface.

Cette dernière est réalisée à l'aide de l'outil TerrSet sous les bandes thermique B10-B11 sur Landsat8.

La température de la surface terrestre (LST: Land Surface Température) est l'un des paramètres clés de la physique des processus de la surface terrestre du local à travers l'échelle mondiale.

L'importance de LST est de plus en plus reconnue et il y a un grand intérêt pour le développement de méthodologies pour mesurer LST depuis l'espace.

Cependant, la récupération LST est toujours une tâche difficile, car le problème de la récupération LST est mal posé.

Sous le logiciel **TerrSet** On a fait ressortir la carte en se basant sur la formule Sobrino suivante :

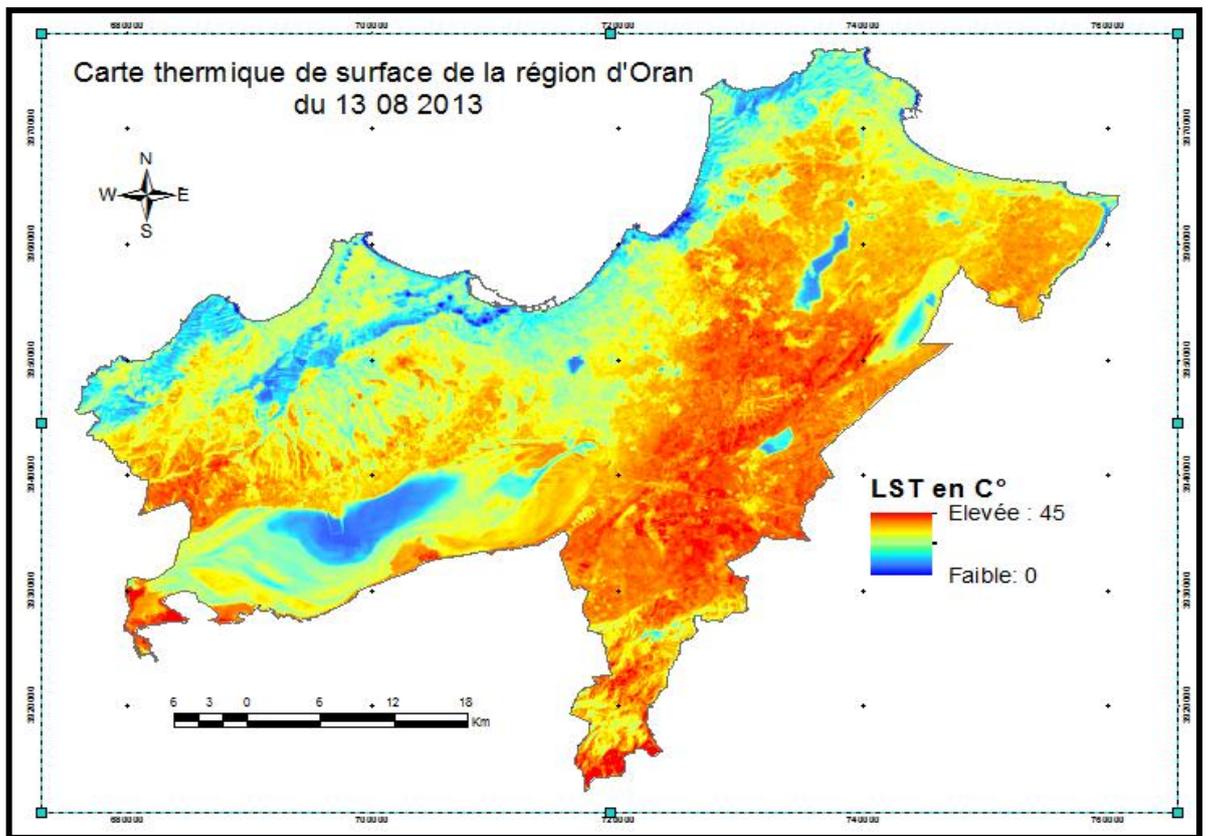
$$\mathbf{LST=BT/(1+W*BT/P)*ln(e)}$$

$$e = 0.004 \cdot P_v + 0.986$$

$P_v$  = proportion de végétation =  $(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})^2$  = fraction végétale

$P = 14380$  constante de calibration,  $W$  : longueur d'onde correspondant au maximum d'émissivité à la haute atmosphère = 11.5 Micromètres.

Les résultats de compilation sous ArcGis sont donnés selon la figure 7.



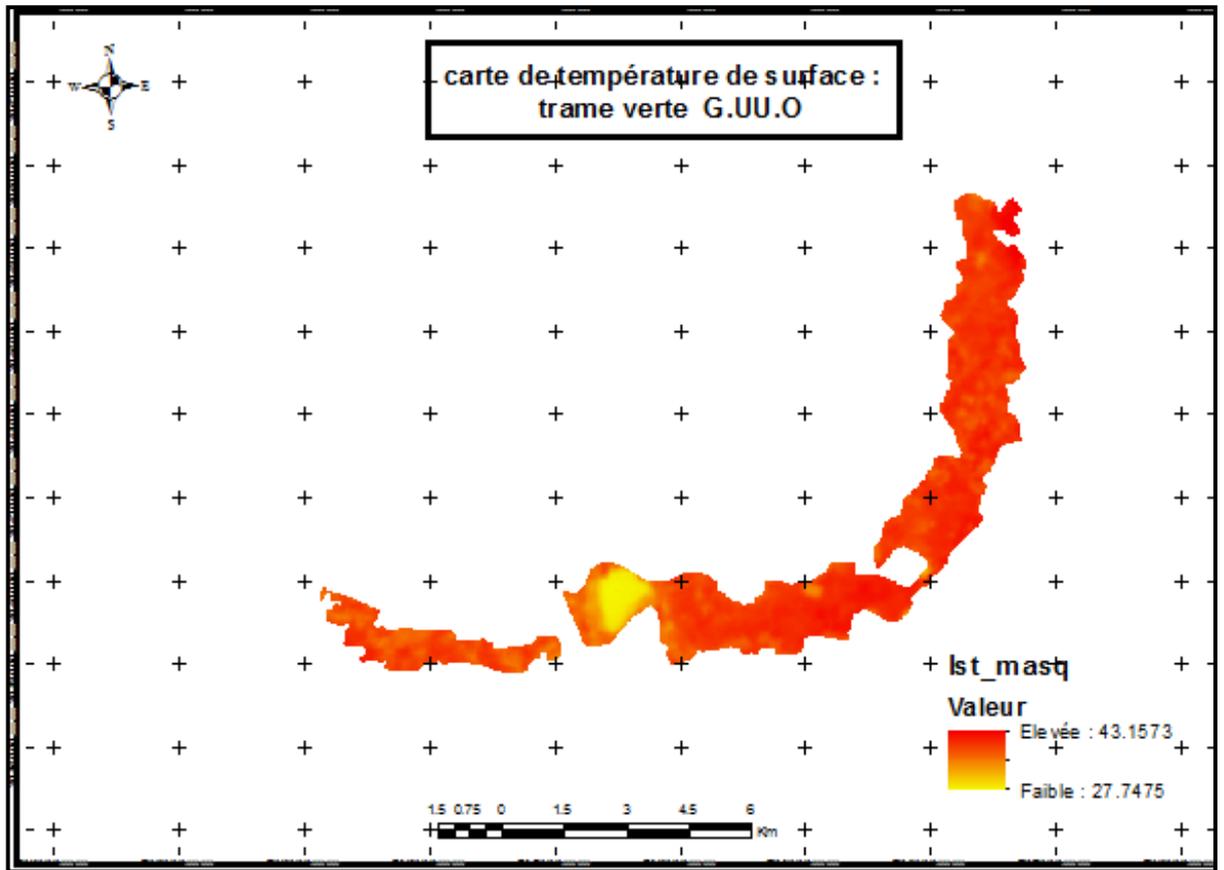
**Figure 14** : Cartographie de la température de surface « LST »

La température de la surface terrestre (LST) est la température de la peau radiative du sol. Cela dépend de l'albédo, la couverture végétale et l'humidité du sol. Dans la plupart des cas, LST est un mélange de végétation et de la température du sol nu. Parce que les deux réagissent rapidement aux changements du rayonnement solaire entrant en raison de la couverture nuageuse et des modifications de charge d'aérosol et la variation diurne de l'illumination, le LST affiche des variations rapides aussi.

À son tour, le LST influe sur la partition de l'énergie entre le sol et la végétation, et détermine la température de l'air en surface.

Les températures de surface fluctuent entre 0 et 45°C dans la région oranaise ; les valeurs faibles sont enregistrées au niveau de la classe des sols nus.

Les espaces végétalisés sont plutôt rafraichis (figure 8). Les températures du couloir vert G.U.O varient entre 28 et 43°C les faibles températures se localisent aux allants tours de la Dayat Morsli ainsi que les espaces boisés.



**Figure 15** : Cartographie de la température de surface « LST » dans la limite de la trame verte

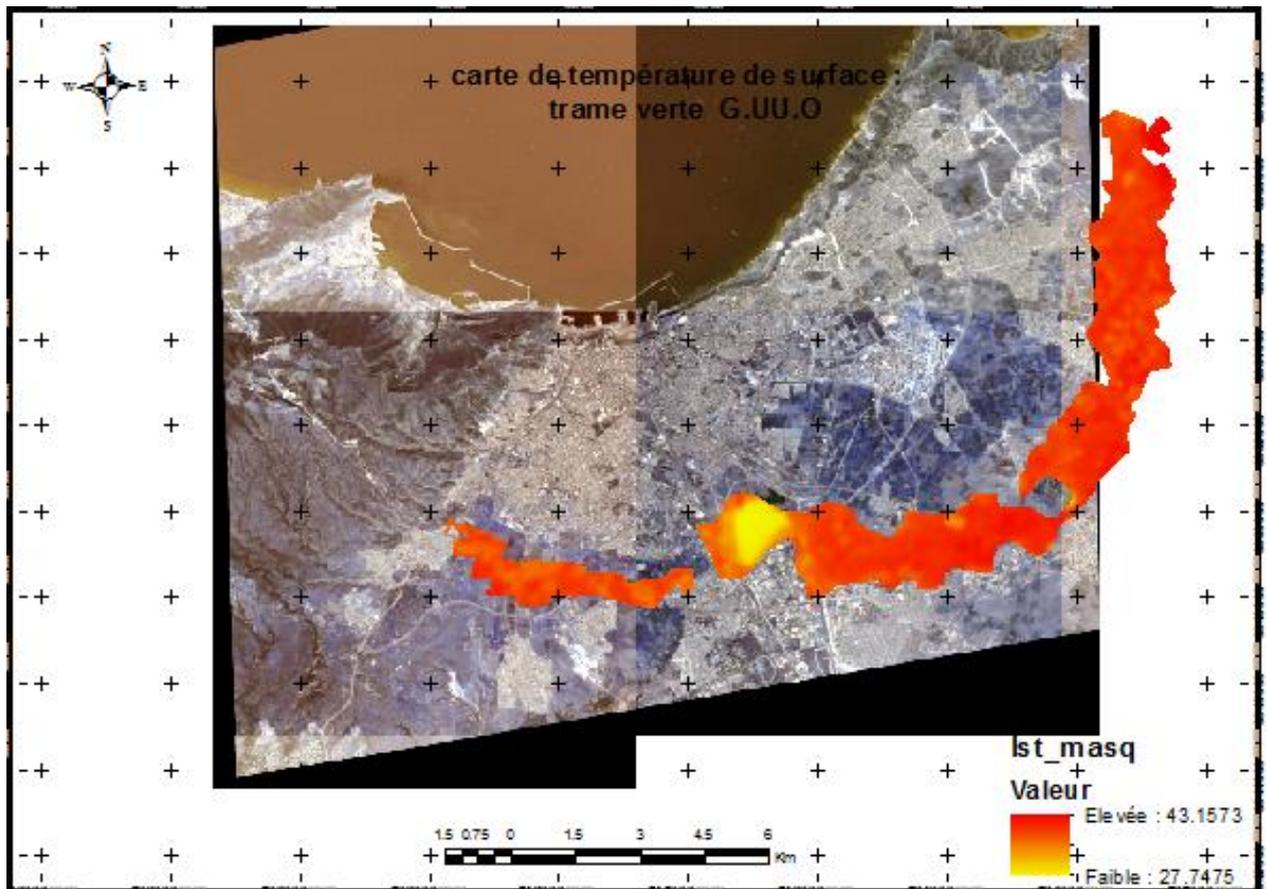
#### **7-4 /Résultats**

Les cartes établies sont démonstratives et très explicites, elles nous orientent vers un aménagement de terrain qui prend en considération la préservation d'espaces naturels afin d'atténuer les impacts du changement climatique sur la région et promouvoir au développement durable.

La région est sensible au phénomène d'érosion, ainsi que les risques d'inondation suite à la présence majoritaire des sols nus sont : c'est à ce niveau où on a enregistré des températures très élevées avec un NDVI faible; l'étalement urbain ainsi que le réseau routier aggravent la situation.

L'implantation d'une trame verte&bleue semble être la meilleure solution pour freiner l'érosion, pour diminuer le **phénomène d'îlot de chaleur en milieu urbain**, et donner la vie aux zones dénudées.

La figure suivante permet la caractérisation spatiale de la température des sols de la trame TVB selon la très haute résolution spatiale du satellite QuickBird.



**Figure 16** : Cartographie de la température de surface avec la limite TVB - QuickBird

Il est intéressant de voir le tracé de TVB, qui a souvent pour objectif de mettre en évidence son existence, afin de pouvoir réduire ou atténuer les effets d'îlots de chaleur sur les paramètres climatiques et ainsi le prendre comme base d'aménagement urbain dans le contexte d'adaptation au changement climatique.

La définition d'une stratégie de création d'espaces protégées à partir d'un bilan de la représentation des espèces et milieux dans les aires protégées actuelles appelle une réflexion spécifique sur la prise en compte des changements globaux.

En effet, comment faire en sorte que les espaces protégés continuent à remplir leur rôle alors que les espèces vont se déplacer et les milieux évoluer ? La constitution d'un réseau écologique (trame verte et bleue) doit apporter une solution à ce problème en favorisant l'adaptation des espèces dans un contexte changeant.

La mise en place de cette trame verte et bleue doit prendre en considération la préservation de biodiversités.

Le maintien de mosaïques de milieux ouverts peut ainsi contribuer à la préservation de trames écologiques Trame verte et bleue :

- Réduction de la vulnérabilité des espèces et habitats grâce au renforcement des échanges (notamment génétiques)

- Déplacement facilité des espèces et de leur aire de répartition vers des milieux plus favorables notamment vers le Nord et en altitude
- Atténuation du changement climatique grâce aux services rendus par les éléments semi naturels constitutifs de la TVB (stockage carbone, etc.)



**CONCLUSION GENERALE**

Croissance urbaine, dispersion urbaine, ou encore étalement urbain, différentes acceptions relatives au même phénomène, et au même danger, nous ont imposé de tirer la sonnette d'alarme pour secourir l'espace naturel, situé dans l'interface entre la ville et la campagne.

La périurbanisation qui s'accélère avec le développement de la population, des infrastructures, du transport, et les activités urbaines, engendre des lieux divers qui concurrencent l'agriculture proche de la ville, qui se manifeste par le recul graduel du sol agricole.

En effet, la dichotomie entre l'urbain et le rural devient floue et obsolète, elle n'est plus marquée à cause de l'invasion de la ville, qui ne connaît pas de limites pour s'arrêter, ce qui engendre la disparition de ses liens, jusque-là distincts, avec la campagne.

Reconnue par sa multifonctionnalité, la trame verte&bleue a prouvé qu'elle n'est pas uniquement une planification sur papier, mais plutôt une réalité qui acquit de multiples activités : de paysage, de formation, d'éducation, et de loisir, qui doivent être reconnues dans un projet politique, régie par des contrats et des réglementations élaborés par des acteurs.

Ces nouveaux rôles qu'elle assume aujourd'hui, nécessitent sa préservation, et accroissent l'importance de sa durabilité pour les générations actuelles et futures, afin d'aboutir à une agriculture économiquement durable, écologiquement saine et socialement équitable.

Notre réflexion qui a ciblé l'agglomération oranaise et ses espaces de projection future, a été bien fructueuse, nous avons constaté que notre métropole est également menacée par l'étalement urbain incontrôlé, qui grignote chaque année les meilleures superficies naturelles périphériques.

La croissance urbaine qui ne peut aucunement être freinée, surtout avec l'accroissement de la population, peut continuer sa progression mais avec le respect de l'usage de l'espace, avec de nouvelles formes, de nouvelles stratégies et nouvelles modalités de gestion urbaines.

Cet esprit de mixité spatiale, sociale, et paysagère, met en cohabitation le maintien de biodiversité et la croissance de l'agglomération, dans le strict respect des nécessités de chacun de deux enjeux : urbain et naturel

Compte de tenu de ce qui précède, nous considérons que la trame verte&bleue projetée par le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme du groupement urbain en cours d'élaboration se présente comme une bonne opportunité ainsi qu'une stratégie performante, à inscrire dans le registre d'élaboration d'une démarche qui consiste à concilier développement urbain et développement durable en tenant compte des impératifs d'adaptation du territoire de la wilaya d'Oran au changement climatique. Cette démarche peut être classée dans le registre des actions « sans regret »

Dans la mesure où cette action sera capable d'assurer la durée dans le temps des franges, et de maintenir les espaces naturels, et ouverts au public d'une manière maîtrisée.

Ce qui est recherché à travers cette action est de permettre à la fois au rural et à l'urbain de se transformer ensemble, et de se compléter mutuellement dans un rapport de réciprocité, visant l'application des principes de développement durable.

La protection de source environnementale dépasse les références de type normatif, et intègre la spécificité du site et du contexte local. Pour son application, elle doit faire l'objet

d'analyse détaillée des caractéristiques de chaque espace constituant la périphérie oranaise, que ce soit spatiales, techniques, topographiques, réglementaires, sociales, financières, etc.

La disponibilité d'une gamme de réglementations n'est plus assez importante que leur spécificité à la biodiversité, et leur efficacité à la protéger. Cette dernière peut être préservée dans l'anneau qui constituera la ceinture verte oranaise, si elle obéit à un cadre juridique complet efficace et durable, et intègre des acteurs importants qui ont été tout le temps marginalisés de la gestion de l'agriculture périurbaine.

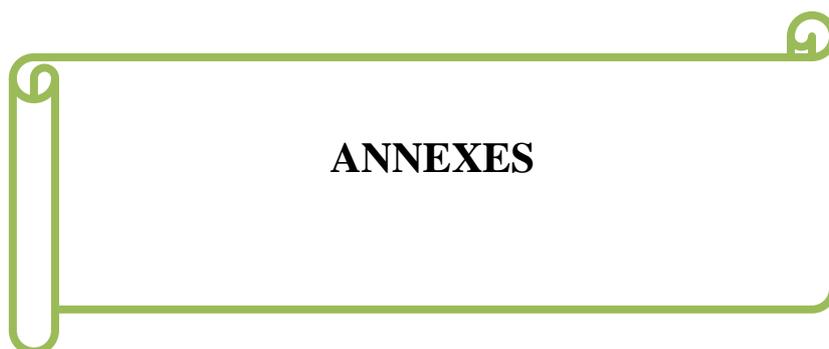
La problématique du rôle du vert et du bleu dans la planification urbaine a ouvert un champ de recherches qui est loin d'être exploré dans sa totalité. Nous nous sommes retrouvés avec une stratégie appelée «trame verte&bleu », dans sa forme classique et nouvelle comme les parcs agricoles et les parcs naturels, zones humides de nouvelles technologies et de nouvelles ambitions, qui ont enrichi notre mémoire.

La recherche se poursuivra et nous pouvons proposer comme pistes de recherche :

- recensement des espèces (animale et végétale) vivant dans ces milieux
- réalisation de bilan de représentation espèces - biotopes
- Démonstration du rôle de la TVB dans la sécurité alimentaire
- Recommandation d'usage des essences contre l'érosion
- Détailler le cycle de carbone des trames vertes, ainsi que leurs rôles sur le climat local et sur l'adaptation des essences au CC

Dans les rues, prévoir une végétation assurant une ventilation naturelle à travers un aménagement qui permettrait l'ouverture aux niveaux inférieurs des rues.

Prévoir une végétation dispersée, oasis avec arbres et gazon pour l'ombrage et l'effet de refroidissement par évapotranspiration.



**ANNEXES**

## Définitions

- ***La Trame Verte et Bleue***

C'est un réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées par les schémas régionaux de cohérence écologique ainsi que par les documents de planification de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements. La Trame verte et bleue contribue à l'amélioration de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces et au bon état écologique des masses d'eau. Elle s'applique à l'ensemble du territoire national à l'exception du milieu marin.

- ***Continuités Ecologiques***

Les continuités écologiques constituant la Trame verte et bleue comprennent des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques

- ***Réservoirs De Biodiversités***

Les réservoirs de biodiversité sont des espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement en ayant notamment une taille suffisante, qui abritent des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent ou qui sont susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces. Les réservoirs de biodiversité comprennent tout ou partie des espaces protégés et les espaces naturels importants pour la préservation de la biodiversité (article L. 371-1 II et R. 371-19 II du code de l'environnement).

- ***Corridors Ecologiques***

Les corridors écologiques assurent des connexions entre des réservoirs de biodiversité, offrant aux espèces des conditions favorables à leur déplacement et à l'accomplissement de leur cycle de vie. Les corridors écologiques peuvent être linéaires, discontinus ou paysagers. Les corridors écologiques comprennent les espaces naturels ou semi-naturels ainsi que les formations végétales linéaires ou ponctuelles permettant de relier les réservoirs de biodiversité, et les couvertures végétales permanentes le long des cours d'eau .

- ***Cours D'eau et Zones Humides***

Parties de cours d'eau et canaux importants pour la préservation de la biodiversité constituent à la fois des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques. Les zones humides importantes pour la préservation de la biodiversité constituent des réservoirs de biodiversité et/ou des corridors écologiques.

- ***L'écosystème***

Unité d'organisation biologique, composée de tous les organismes présents dans une aire donnée et présentant des interactions avec le milieu physique, avec pour résultat, l'existence d'un flux d'énergie, conduisant à une structure caractéristique et des cycles de matières.

- ***Théorie des Graphes***

C'est une théorie mathématique et informatique appliquée dans des notions des réseaux (transport, réseau social, télécommunication,....

- ***Le facteur de vue du ciel***

Correspond à la portion de ciel observable à partir de la surface considérée. Ce facteur est égal à 1 dans le cas d'une surface plane sans obstacle et varie entre 0 et 1. » (Colombert, 2008).

- ***Le PDAU*** fixe les orientations fondamentales de l'aménagement des territoires concernés, il détermine la destination générale des sols, la nature et le tracé des grands équipements d'infrastructure.
- ***Le POS*** : est un instrument de gestion et de planification urbaine dont la finalité est un règlement de détail, procédant d'une politique de protection (notamment par l'interdiction de construire). Dans le respect des dispositions du PDAU, Le POS fixe de façon détaillée les droits d'usage du sol et de construction pour le secteur concerné.

### **Objectifs de la Trame verte et bleue**

La Trame verte et bleue doit contribuer à l'état de conservation favorable des habitats naturels et des espèces et au bon état écologique des masses d'eau et l'identification et la délimitation des continuités écologiques de la Trame verte et bleue doivent notamment permettre aux espèces animales et végétales dont la préservation ou la remise en bon état constitue un enjeu national ou régional de se déplacer pour assurer leur cycle de vie et favoriser leur capacité d'adaptation .

- Diminuer la fragmentation et la vulnérabilité des habitats naturels et habitats d'espèces et prendre en compte leur déplacement dans le contexte du changement climatique ;
- Identifier, préserver et relier les espaces importants pour la préservation de la biodiversité par des corridors écologiques ;
- préserver les zones humides visées ;
- Mettre en œuvre les objectifs de qualité et de quantité des eaux que fixent les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux ;
- Prendre en compte la biologie des espèces sauvages ;
- Faciliter les échanges génétiques nécessaires à la survie des espèces de la faune et de la flore sauvages ;
- Améliorer la qualité et la diversité des paysages.

## **Abréviations**

**TVB** : Trame verte et Bleue

**CCNUCC** : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

**GIEC** : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

**CC** : Changement Climatique

**ACC** : Adaptation au Changement Climatique

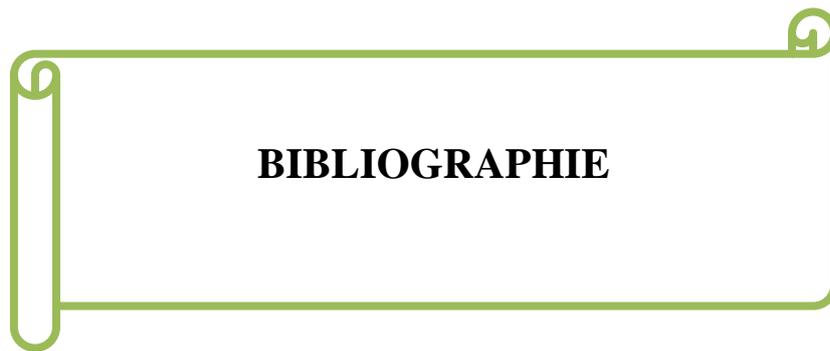
**GES** : Gaz à Effets de Serre

**ICU** : Ilot de Chaleur Urbain

**G.U.O** : Groupement Urbain Oran

**PDEAU** : Plan Directeur D'aménagement et D'urbanisme

**POS** : Plan d'Occupation des Sols



**BIBLIOGRAPHIE**

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET BIODIVERSITÉ ; *Muséum national d'Histoire naturelle* Paris, France

EVALUATION DES DONNEES DE TELEDETECTION POUR L'IDENTIFICATION ET LA CARACTERISATION DES CONTINUITES ECOLOGIQUES ; **Julie Betbeder** thèse de université Européenne De Bretagne mention : Géographie

BIODIVERSITE VEGETALE MEDITERRANEENNE ET ANTHROPISATION : APPROCHES MACRO ET MICRO-REGIONALES ; **Médail Frédéric, Diadema Katia**, *Annales de géographie* 5/2006 (n° 651),p. 618-640  
URL : [www.cairn.info/sci-hub.io/revue-Annales-de-geographie-2006-5-page-618.htm](http://www.cairn.info/sci-hub.io/revue-Annales-de-geographie-2006-5-page-618.htm).

LA CEINTURE VERTE AGRICOLE AUX PORTES D'ALGER, QUEL AVENIR FACE AU DEVELOPPEMENT URBAIN ? Exemple de la commune des Eucalyptus ECOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET DURBANISME ; **Bouzekri Sara** Mémoire de magister 19/01/2014 ; EPAU Laboratoire : Ville, Urbanisme et Développement Durable ; Option : Urbanisme et Développement Durable

LA CANOPEE URBAINE DE MENDOZA (ARGENTINE) A L'EPREUVE DE LA GESTION DE L'EAU ; *Article de recherche Sécheresse 2013* ; **Emilie Lavie, Gerard Beltrando** Université Sorbonne-Paris-

L'ALGERIE SUBIT AUSSI LES CONSEQUENCES DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE ; **Samir Azzoug** Publié dans *La Tribune* le 14 - 12 - 2009

RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE : L'ALGERIE RISQUE DE DEVENIR UN IMMENSE DESERT ; *Environnement* avril 14, 2014avril 15, 2014

URL : [www.algerie-focus.com/réchauffement](http://www.algerie-focus.com/réchauffement) climatique-conclusion du GIEC

LA VULNERABILITE DE L'ALGERIE EXACERBEE PAR LES RISQUES CLIMATIQUES ; **Safia Berkouk** ; *El Watan*, 21 octobre 2013

DE L'ECOLOGIQUE DANS LA VILLE ; **Nathalie Blanc** ; *Laboratoire Dynamiques sociales et recomposition des espaces Institut de géographie Paris*

Pages 601 - 607

L'ACTION PUBLIQUE TERRITORIALE A L'EPREUVE DE L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES UN NOUVEAU REFERENTIEL POUR PENSER L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ? **Elsa RICHARD** thèse doctorat de l'Université François Spécialité : Aménagement de l'espace et Urbanisme 4 novembre 2013

TRAME VERTE ET BLEUE DANS LES DOCUMENTS LOCAUX D'URBANISME ; *Synthèse de l'analyse de 12 PLU Janvier 2011*

ÉVOLUTION DE LA PLACE DU VEGETAL DANS LA VILLE, DE L'ESPACE VERT A LA TRAME VERTE **Lotfi Mehdi, Christiane Weber, Francesca Di Pietro et Wissal Selmi**, « , *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 Numéro 2 | septembre 2012, mis en ligne le 10 février 2014, consulté le 27 avril 2016.

URL : <http://vertigo.revues.org/12670> ; DOI : 10.4000/vertigo.12670

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ADAPTATION DES TERRITOIRES **Francois Bertrand** ; *chapitre27 HAL Id: halshs-01254505*

12 Jan 2016 [En ligne],

URL : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01254505>

TRAME VERTE ET BLEUE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE Fiche De Synthèse Décembre 2012 par la Fédération des Parcs naturels régionaux et France Nature Environnement.

GUIDE METHODOLOGIQUE DES RESEAUX ECOLOGIQUES HIERARCHISES ; **Guy Berthoud** Février 2010

LA RELATION ENTRE L'ILOT DE CHALEUR URBAIN, PHENOMENE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA DENSITE DU PLAN BATI : CAS DE LA VILLE D'ALGER ; **Achour-Bouakkaz Nawel** ; thèse Magister Faculte Des Sciences De La Terre, De La Geographie Et De L'aménagement Du Territoire 2006

CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ EN MILIEU URBAIN: CONSIDÉRATIONS ÉCOLOGIQUES ET ANALYSE DU CAS DE MONTRÉAL ; **SANDRA ARCE** ; MAI 2009 *Mémoire Université Du Québec À Montréal*

METTRE EN ŒUVRE LA TRAME VERTE ET BLEUE EN MILIEU URBAIN ; **Tiphaine Kervadec** *le centre de ressources du développement territorial, paris* Juin 2012

OUTIL DE PRISE EN COMPTE DE LA TRAME VERTE ET BLEUE Notice méthodologique à l'usage des décideurs locaux Parc naturel régional

ELABORATION DE CORRIDORS ECOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DU SCOT DE L'AGGLOMERATION DE METZ **Cécile BAUDET** – *Master 2 SEE 2012-2013*

PLANIFICATION ET AMENAGEMENT URBAINS ; Les accomplissements d'ONU-Habitat au regard de la planification et de la conception urbaines

URL : <http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2014/03/Icons-02.png>

PRISE EN COMPTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA CONSTRUCTION DES CARTES DE CONTINUITES NATIONALES ; **Julien TOUROULT MNHN-SPN** *Groupe d'échange Trame verte et bleue* ; 5 juillet 2012

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET TRAMES VERTES URBAINES ; **Philippe Boudes & Anne Sourdril** *Les Programmes CCTV Journée FNPNR-FNE Trames Vertes et Bleues et Changements Climatiques* 5 juillet 2012

TRAME VERTE ET BLEUE DE LA BOURGOGNE - ETUDE PRELIMINAIRE  
ECOSPHERE, HYDROSPHERE ; **Alain Chiffaut** pour la Région et la DREAL Bourgogne  
Avril 2011

CARTOGRAPHIE DES RÉSEAUX ÉCOLOGIQUES DE RHÔNE-ALPES  
MÉTHODE /2010

TRAME VERTE ET BLEUE : UTILISATION DES CARTES D'OCCUPATION DU  
SOL POUR UNE PREMIERE APPROCHE QUALITATIVE DE LA BIODIVERSITE

Sandrine Liénard et Philippe Clergeau

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET TRAMES VERTES URBAINES ; **Philippe  
Boudes** ; *Dynamiques Sociales et Recomposition des Espaces, LADYSS, UMR CNRS*

TRAME VERTE URBAINE, UN RAPPORT NATURE – URBAIN ENTRE  
GEOGRAPHIE ET ECOLOGIE ; **Teddy Arrif, Nathalie Blanc et Philippe Clergeau,**

[En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 574, mis en ligne le 08  
décembre 2011, consulté le 27 avril 2016.

URL : <http://cybergeog.revues.org/24862> ; DOI : 10.4000/cybergeog.24862

TRAME VERTE ET BLEUE ET DOCUMENTS D'URBANISME; **Jessica BRO**  
Guide méthodologique Bureau de l'intégration de la biodiversité dans les territoires  
Rédacteurs principaux Juillet 2013

LES GRANDES METROPOLES MEDITERRANEENNES FACE AUX DEFIS DE  
LA METROPOLISATION ET DE L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ;  
**Mustapha CHACHOUA** ; Université d'Oran 2 Mohamed Benahmed; *Conférence  
internationale Le changement climatique en Méditerranée : Stratégie d'adaptation et enjeux  
de développement Université Ibn Tofail Kénitra 26 et 27 mai 2016*

L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN CONTEXTE URBAIN  
L'EXEMPLE DE L'AGGLOMERATION ORANAISE Mustapha ; **Chachoua** Oran 2

LE VEGETAL DANS L'ESPACE PUBLIC URBAIN ; **Suzel Balez** 2007-2008

ORAN, VILLE MODERNE. **Tinthoin Robert** In: L'information géographique  
Volume 20 n°5, 1956. pp. 176-186.

LE VEGETAL, L'OUBLIE DU GRENELLE ! BENEFICES  
ENVIRONNEMENTAUX, ECONOMIQUES ET SOCIAUX DES JARDINS ET ESPACES  
VERTS, LA CONTRIBUTION DES PROFESSIONNELS DU PAYSAGE ; *Dossier de  
presse* ; septembre 2008

Révision du PDAU Du Groupement Des communes: *Oran – Bir Eldjir – Es Senia –  
Sidi Chahmi – El Kerma /PHASE 01 /* Septembre 2014

INTERROGER LE PARADIGME DE LA "VILLE-NATURE" A` L'ERE  
POSTINDUSTRIELLE **Anna Voronina. Nijni Novgorod** ; *Architecture, aménagement de  
l'espace. Université de Grenoble, 2014. Français.*

UNE LECTURE DE LA FORME URBAIN ET DES MICROCLIMATS LE CAS  
DE BARRANQUILLA **Kattia Villadiego Berna** thèse pour obtenir le grade de docteur  
*discipline : aménagement urbain et urbanisme* ; Le 17 Novembre 2014

FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE, QUELLE NOUVELLE DONNE POUR LES VILLES ET LES ENTREPRISES ? AXA Group Paris –[en ligne]

URL : [www.axa.com](http://www.axa.com)

LE CLIMAT URBAIN DE NICE EN MILIEU GÉOGRAPHIQUE CONTRASTÉ : SYNTHÈSE PAR APPROCHE INDUCTIVE ; **Pierre CARREGA** ; *Université de Nice-Sophia Antipolis Equipe GVE-UMR ESPACE 98 bd E. Herriot 06204 Nice cedex 3 – France*  
URL : [carrega@unice.fr](mailto:carrega@unice.fr)

LE CLIMAT EST L'AFFAIRE DE TOUS Répercussions sur les villes Principales conclusions du Cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

URL : [cisl.cam.ac.uk/ipcc](http://cisl.cam.ac.uk/ipcc) et [bsr.org](http://bsr.org)

L'INTEGRATION DES ENJEUX DU CLIMAT URBAIN DANS LES DIFFERENTS MOYENS D'INTERVENTION SUR LA VILLE COLOMBERT MORGANE **Jean-Luc SALAGNAC** thèse Dans le cadre de : convention CIFRE : Ecole doctorale : *Ville et environnement* 30 septembre 2008

AMENAGER AVEC LE VEGETAL (POUR DES ESPACES VERTS DURABLES) Une coproduction ministère du Développement durable, CNVVF, FNCAUE, CERTU en collaboration avec l'AFDJEV, l'UNCPPIE, Plantes et cité, la RN2D, la SNHF ; éditions du CERTU Novembre 2009 Morgane.colombert@cstb.fr <http://lspi.cstb.fr>

DOSSIER PEDAGOGIQUE CLIMAT SOUS SURVEILLANCE; Réalisé par l'Institut de recherche pour le développement (IRD) ; Septembre 2015

URL : [www.climat-sous-surveillance.ird.fr](http://www.climat-sous-surveillance.ird.fr)

L'ESPACE OUVERT POUR UNE NOUVELLE URBANITE ; **Mayte Banzo**. *Université Michel de Montaigne -Géographie - Bordeaux III*, 2009.

ETALEMENT URBAIN ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES **Marion Richard** - *Chargée de mission climat et territoires - RAC-F*

TRAME VERTE ET BLEUE ET AGRICULTURE Recueil d'expériences sur la « Prise en compte de la trame verte et bleue dans les territoires de projet » ; Fiche de synthèse Janvier 2011

ADAPTATION DES VILLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE. ; Plan National d'adaptation, CSTB, Institut National de Santé Publique du Québec, novembre 2010

HISTOIRE DE L'URBANISME [Pierre Lavedan. qu'est-ce que l'urbanisme ? Introduction à l'histoire de l'urbanisme ; Histoire de l'urbanisme, I, Antiquité, Moyen âge ; II, Renaissance et Temps modernes, 1926-1941 ]. In: Journal des savants, Janvier-mars 1942. pp. 11-18; D Valéry Masson Centre National de Recherches Météorologiques document généré le 12/04/2016

LES ESPACES VERTS URBAINS LIEUX DE SANTE PUBLIQUE, VECTEURS D'ACTIVITE ECONOMIQUE *Rapport ASTERES pour le compte de L'union NATIONALE DES ENTREPRISES DU PAYSAGE* Mai 2016

## VILLES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

Jean-Jacques Terrin & Jean-Baptiste Marie ; *édition Parenthèses*

LA NATURE EN VILLE : DES ENJEUX PAYSAGERS ET SOCIÉTAUX ;  
**Emmanuel Boutefeu**, département environnement du Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU) pour Géo confluentes le 28 avril 2007

NOTE METHODOLOGIQUE ET PEDAGOGIQUE A DESTINATION DES ELUS ET ACTEURS DU TERRITOIRE POUR L'APPLICATION DES DISPOSITIONS DU SCOT EN MATIERE DE BIODIVERSITE ET DE PRESERVATION DES ESPACES NATURELS. (TRAME VERTE ET BLEUE). Version Août 2014

GUIDE METHODOLOGIQUE DE PRISE EN COMPTE DE LA TRAME VERTE ET BLEUE SCOT ET BIODIVERSITE EN MIDI-PYRENEES *Volume I Enjeux et méthodes*  
Juin 2010

URBANIZATION AND LAND SURFACE TEMPERATURE IN PINELLAS COUNTY, FLORIDA **Bruce Coffyn Mitchell** *University of South Florida*,

URL : <http://scholarcommons.usf.edu/etd/3250>

CONTRIBUTION PREVUE DETERMINEE AU NIVEAU NATIONAL *CPDN – ALGERIE* ; 03 septembre 2015