

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Seddik Ben Yahia Jijel
Faculté des sciences et de la technologie Jijel
Département d'architecture

Polycopié de cours « Changements climatiques »
Deuxième année gestion des villes

Dr. Mohammed Chérif LEHTIHET. Maître de conférences –B-
Département d'architecture. Université Mohamed Seddik Ben Yahia Jijel

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Sommaire du cours

Sommaire

Présentation du module changements climatiques.....	8
Présentation.....	8
Objectifs.....	8
Connaissances préalables et mode d'évaluation.....	8
Introduction aux changements climatiques.....	10
Chapitre 1 : Le climat.....	13
1.1Climat et climatologie	13
1.2. Les échelles du climat	13
1.2.1 Les climats zonaux.....	14
1.2.2 Les climats régionaux.....	14
1.2.3 Les climats locaux	14
1.2.4. Les microclimats.....	14
1. 3. Répartition des climats à l'échelle mondiale.....	15
1.3.1. Les climats équatoriaux toujours humides	15
1.3.2. Les climats tropicaux.....	16
1.3.3. Les climats arides	16
1.3.4. Les climats tempérés.....	17
1.3.5. Les climats froids.....	17
1.3.6. Les climats polaires	17
1.3.7. Les climats de montagne.....	17
1.4. Climats de l'Algérie	18
1.4.1. Les zones climatiques d'hiver	19
1.4.2. Les zones climatiques d'été	20
1.5. Indices des Domaines et climats arides	21
1.6. Microclimats et principes générateurs.....	22

Chapitre 2 : Impact des changements climatiques sur les territoires.....	24
2.1. Changements climatiques et territoires.....	25
2.2. Pourquoi la terre chauffe ?.....	25
2.2.1. L'effet de serre	25
2.2.2. Les principaux gaz à effet de serre.....	26
2.3 Evolution du climat mondial	27
Chapitre 3 : Impact des changements climatiques sur les milieux urbains	
3.1. Implications tangibles pour les villes du monde.....	31
3.2. Conséquences du changement climatique pour les populations urbaines	
Pauvres.....	32
3.3. Vulnérabilité des villes face aux changements climatiques.....	32
Chapitre 4 : Outils de gestion	
4.1. Les mécanismes de flexibilité du protocole de Kyoto.....	36
4.2. Le groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution	
du climat (GIEC).....	36
4.3. Mise en place d'un plan d'action pour la réduction de l'impact du changement	
climatique sur les catastrophes naturelles.....	37
4.4. Les villes et la stratégie d'atténuation du changement climatique.....	38
4.5 Plan ORSEC.....	39
4.6 La résilience des villes.....	41
Conclusion sur les changements climatiques et les milieux urbains.....	43
Bibliographie	

Liste des figures

Figure 1 : Changement climatique : causes, effets et enjeux.....	10
Figure 2 : Les échelles climatiques.....	13
Figure 3 : Zones climatiques dans le monde.....	15
Figure 4 : Zones climatiques d'hiver et d'été en Algérie.....	19
Figure 5 : L'effet de serre et son impact sur la température globale moyenne.....	26
Figure 6 : Projection de hausses des températures.....	31
Figure 7 : Urbanisation et climat convergent dangereusement.....	33
Figure 8 : Localisation des villes étudiées sur la carte des séismes du bassin méditerranéen.....	35
Figure 9 : Vulnérabilité du bâti de la ville de Chlef (Algérie).....	36
Figure 10 : L'évolution de la température moyenne globale au XXI e siècle.....	36.
Figure 11 : Schéma plan ORSEC.....	43
Figure 12 : Résilience et adaptation au changement climatique.....	44
Figure 13 : Les trames vertes urbaines et l'adaptation au changement climatique.....	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulation des données climatiques par zone (Hiver et Eté)	20
Tableau 2 : Indice d'aridité selon Köppen. P représente les précipitations moyennes annuelles en centimètres.....	22

PRESENTATION DU MODULE CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Présentation du module changements climatiques :

Le module « Changements climatiques » est un cours enseigné aux étudiants de la **deuxième année** gestion des villes s'étalant le long du **semestre 3** de la licence **professionnelle**.

Le module se présente sous forme de cours magistraux d'une heure et demie par semaine **sans travaux dirigés**.

Présentation :

Le module est adressé aux futurs professionnels de l'urbain et de l'aménagement du territoire. A travers ce cours les étudiants gestionnaires de la ville devront comprendre et maîtriser les notions fondamentales du climat et des changements climatiques ainsi que leurs impact et conséquences avec le territoire, la ville et l'urbain. Le cours est enseigné en unité transversale permettant de préparer l'étudiant aux métiers de la ville et de l'urbain et son immersion dans le champ opérationnel du secteur professionnel.

Unité d'enseignement	Matière	Coefficient	Crédit
UE.Transversale	Changements climatiques	01	01

Objectifs :

La matière changements climatiques propose de faire acquérir aux étudiants les connaissances liées aux conséquences des changements climatiques et leur impact sur les villes.

Les projections prévoient une amplification du réchauffement global de la planète engendrant des changements climatiques à travers les phénomènes extrêmes que sont les périodes caniculaires, les fortes précipitations pluviométriques ainsi qu'un impact direct sur la santé des individus.

Ces phénomènes ont une incidence directe sur les milieux urbains par le biais de l'effet îlot de chaleur urbain dû à la minéralisation généralisée des villes au détriment du couvert végétal ce qui engendre une situation d'inconfort thermique ainsi qu'une surconsommation énergétique au niveau des constructions, les risques accrus d'inondations engendrant des sinistres au niveau des quartiers conséquences de l'imperméabilisation des surfaces urbaines.

Connaissances préalables et mode d'évaluation :

Les connaissances nécessaires concernent les notions de bases en physique, météorologie, bilan thermique en milieu urbain, télédétection, statistiques.

Aucun test d'évaluation prérequis n'est nécessaire.

Le module ville et développement durable est évalué à 100% par un examen en fin de semestre. Coefficient : un (01), crédit : un (01)

INTRODUCTION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Introduction :

Les connaissances sur le climat ont beaucoup évolué grâce à l'avancement des recherches scientifiques. Avec les connaissances acquises depuis la signature du Protocole de Kyoto en 1997, les scientifiques du climat déclarent que les objectifs des pays devront être revus à la hausse. En effet, un dépassement de la limite d'augmentation de température de 2 °C pourrait provoquer un grand dérèglement climatique de la planète, mais aussi de grandes crises humanitaires et politiques.

Le microclimat nécessite obligatoirement de le comprendre d'un point de vue étymologique et technique, de connaître les éléments qui le forment et qui sont capables de le produire, ses dimensions ainsi que les paramètres physiques les plus déterminants. La morphologie urbaine est l'un des éléments que le concepteur essaie de maîtriser afin de minimiser les effets négatifs du climat sur le confort thermique des individus ou même d'en créer d'autres, à travers une morphologie "climatique" contribuant relativement confort de l'utilisateur des espaces urbains.

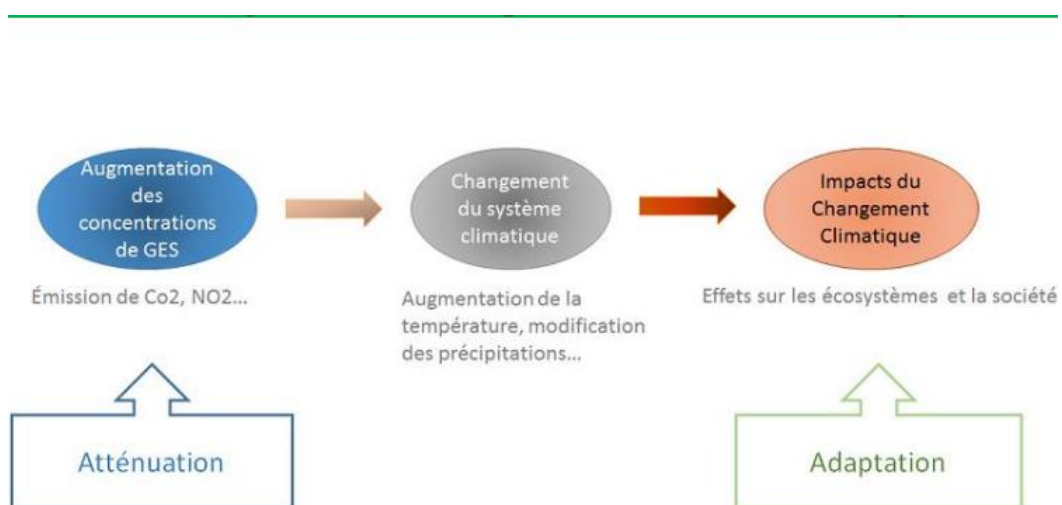


Figure 1 : Changement climatique : causes, effets et enjeux

La météo et le climat sont deux façons différentes d'observer les températures sur la terre. Le réchauffement climatique annoncé est une tendance à long terme de l'augmentation des températures moyennes. Ces prévisions ne doivent pas être confondues avec les prévisions météorologiques quotidiennes, saisonnières ou annuelles. En effet, la météo est une observation à court terme, et a toujours été variable. Par exemple, bien que les prévisions annoncent un réchauffement climatique et une augmentation des précipitations en hiver au Québec, le prochain hiver pourrait très bien être particulièrement froid et sec. Ce sont les observations à long terme qui permettent de constater une variation du climat.

Comme le climat est toujours exprimé à une échelle bien déterminée (Belchun B., 1993), dans ce chapitre les phénomènes physiques d'origine solaire et aéraulique conjugués aux formes des espaces extérieurs et leurs composants au voisinage de la couche d'air la plus proche du sol sont abordés.

CHAPITRE 1 : LE CLIMAT

Chapitre 1 : Le climat

1.1. Climat et climatologie :

Pour les météorologistes la climatologie dans son sens restrictif est l'étude des statistiques relatives aux éléments du climat. De ce fait, cette étude nécessite dans sa partie la plus grande un processus de stockage de données. Elle est aussi la science qui donne une description systématique et une interprétation de la répartition des climats à travers le monde.

Adopté par les Grecs, étymologiquement le vocable "climat" désigne l'angle (l'inclinaison) entre les rayons solaires et la surface du globe. En termes généraux, c'est l'ensemble des états successifs et ordinaires de l'atmosphère au-dessus d'un lieu donné. De ce fait, les dimensions du climat sont alors spatiales (dont il se manifeste à plusieurs échelles où à chacune d'elles apparaissent des problèmes bien particuliers) ainsi que temporelles (Durand-Dastes F. (2000).

1.2. Les échelles du climat :

En détaillant la description du climat on réduit automatiquement son espace ainsi que la possibilité de son extension et vice versa. En définissant les climats zonaux, généraux, régionaux, locaux, et enfin les macros méso et microclimats, nous serons en mesure de passer des climats à faible compréhension et à forte extension aux climats à forte compréhension et à faible extension (Durand-Dastes F. (2000).

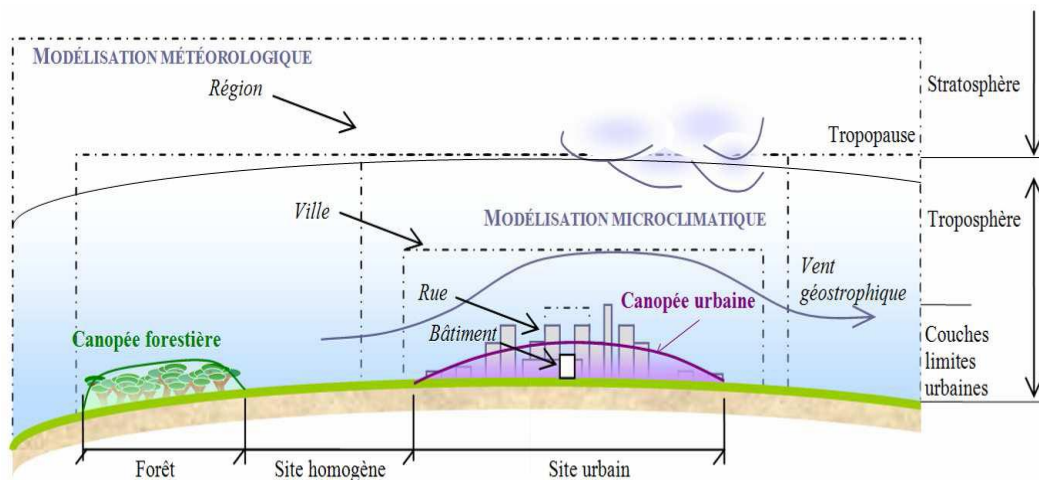


Figure 2 : Les échelles climatiques

1.2.1. Les climats zonaux :

Cette catégorie représente l'échelle la plus grande. La différenciation entre les zones qui sont par définition des régions du globe compris entre deux parallèles, est soulignée d'ailleurs par rapport à la hauteur du soleil dans le ciel. On note ainsi :

- La séparation autour de la latitude 40° environ qui différencie les régions ayant dans l'année un bilan thermique positif et celles où ce bilan est négatif.
- Le contraste des régions de basse latitude dont la différenciation des saisons est principalement d'ordre pluviométrique car le refroidissement hivernal est faible, aux hautes latitudes dans lesquelles les saisons sont plutôt thermiques.

1.2.1 Les climats généraux :

Chacune des grandes zones susmentionnées est occupée par deux ou trois grands climats généraux qui s'étalent sur des dizaines de millions de kilomètres carrés et sont déterminés en plus de la latitude par leur position par rapport aux grandes masses marines et continentales ainsi qu'aux grands systèmes de courants atmosphériques. A cette échelle apparaissent de l'unité telle que les climats équatoriaux, tempérés, arides.

1.2.2 Les climats régionaux :

Les caractères des climats généraux auxquels les climats régionaux sont intégrés ainsi que les facteurs d'influence d'ordre restreint tels que l'aspect de la circulation atmosphérique (extension estivale des anticyclones subtropicaux vers les pôles, etc.) ou l'intervention des grands caractères du relief, ont une grande influence sur cette échelle climatique. L'étendue de ces climats englobe plusieurs centaines de milliers de kilomètres carrés voire quelques millions de kilomètres carrés.

1.2.3 Les climats locaux :

Sont d'une variation s'étendant sur l'échelle comprise entre quelques dizaines à quelques centaines de mètres. Leur dépendance est relative en premier lieu aux climats régionaux auxquels ils font allégeance puis aux reliefs, à la nature du sol, aux couverts végétaux, aux bilans radiatifs locaux et aux mouvements locaux de l'air. Comme c'est le cas pour une ville, un littoral marin, une forêt ou un versant.

1.2.4 Les microclimats :

Ils changent pour la simple distance de quelques mètres voire même pour quelques dizaines de centimètres. Des caractères très étroits qui agissent sur le bilan radiatif et les mouvements

de l'air à très faible ampleur, dépend cette échelle du climat. C'est ce qui différencie le microclimat de deux étages d'une même forêt à savoir la couronne d'arbres et le sous-bois ou les niveaux haut et bas d'un versant ou même un espace minéral et une rue canyon dans une ville, etc.

1. 3. Répartition des climats à l'échelle mondiale :

L'accent dans cette répartition est principalement mis sur les climats régionaux car à l'échelle planétaire ce sont eux les plus significatifs et les plus couverts par les études (Durand-Dastes F. (2000).

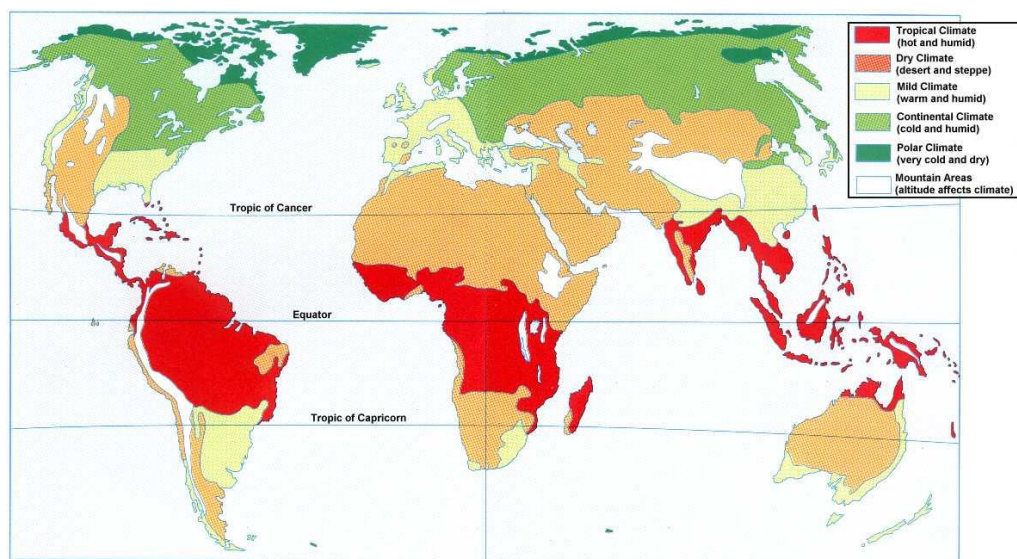


Figure 3 : Zones climatiques dans le monde

Source : Hui Sam C. M., 2001.

1.3.1. Les climats équatoriaux toujours humides :

Ce sont des climats sans saisons ou presque, qui règnent le long de l'équateur sur une bande très courte. Ils sont caractérisés par des températures et des humidités relatives très régulières mais des pluies continûment abondantes sans qu'elles n'atteignent les valeurs extrêmement élevées observées à travers le monde. Un rapport d'un quart voire même d'un cinquième est celui entre le mois le moins pluvieux et le plus arrosé. Ce dernier se positionne très souvent autour des équinoxes dans cette partie du monde où on n'observe jamais de mois sec.

1.3.2. Les climats tropicaux :

Les caractères principaux de ces climats sont l'opposition entre une saison sèche et une saison humide (l'été) ainsi qu'un hiver faiblement souligné. On peut distinguer trois subdivisions du climat tropical qui ont tous un été de caractères commun et typique, mais qui se nuancent suivant les caractères du reste de l'année.

- Climat tropical des très basses latitudes où se succèdent trois types de saisons : saison sèche relativement fraîche (températures moyennes autour de 30 °C, peu de pluie, humidité relative basse); saison sèche et très chaude (températures moyennes avoisinant 40 °C, pas de pluie et humidité relative un peu plus forte); saison pluvieuse (moyenne de température de 30 °C, beaucoup de pluie avec humidité relative forte). Bamako est l'un des exemples de ce type qu'on peut aussi trouver dans les basses latitudes des parties occidentales des continents et aussi dans des latitudes plus hautes sur les façades orientales.
- Climat tropical de type nord de l'Inde où il existe une saison sèche un peu plus fraîche, par contre le reste de l'année est semblable au type précédent. Allahabad est un exemple représentatif de ce type de climat.
- Climat tropical de type chinois sans aucun mois sec, il comprend un hiver très bien marqué, suivi d'un printemps pluvieux et court, puis d'un été chaud et humide et enfin un automne moins arrosé que le printemps. C'est un type de transition qui est difficile à classer qu'on trouve sur les côtes orientales des continents.

1.3.3. Les climats arides :

La longue période de huit à neuf mois au minimum dont le déficit en eau (évapotranspiration potentielle supérieure aux précipitations) pouvant affecter toute l'année constitue le dénominateur commun des climats arides. Toutefois, on différencie entre les climats arides chauds des basses latitudes où la moyenne des températures hivernales demeure autour de 10 °C et les climats à hiver net (température négative) des latitudes moyennes de l'hémisphère Nord à l'intérieur des continents, comme il devient aussi nécessaire de faire la différence entre les climats nettement arides de ceux qui constituent des passages entre climats arides et subarides.

1.3.4. Les climats tempérés :

Ce sont les climats où l'amplitude thermique est modérée entre l'hiver et l'été. Ce sont aussi des climats non arides où le mois le plus froid a une moyenne thermique supérieure à -3 °C et le mois le plus chaud une moyenne comprise entre 10 et 22 °C mais qui peut être franchie comme c'est le cas au Maghreb ou dans les marges du côté équatorial. La définition de ce climat est plutôt thermique mais les pluies jouent un rôle important et procurent des différences en son sein. Comme c'est d'ailleurs le cas du climat méditerranéen où succèdent quatre saisons bien contrastées : un hiver doux, un printemps pluvieux et un automne le dépassant de peu en pluviométrie et un été chaud et sec. Ou bien le cas des climats hyperocéaniques qui sont très doux en hiver, même aux latitudes élevées, avec des pluies bien réparties sur tout les mois avec un pic automnal.

1.3.5. Les climats froids :

Ce sont des climats qui ont pour caractère primordial un hiver très marqué avec des moyennes de température du mois le plus froid inférieures à -3 °C et qui peuvent avoir un été assez chaud dont la moyenne de température du mois la plus élevée excède 10 °C. Loin d'être arides malgré la parcimonie des pluies hivernales, leur été et printemps sont bien arrosés. Généralement ces climats se situent à l'intérieur des continents de l'hémisphère Nord, d'où le substantif de "climat continental" qu'utilisent quelques scientifiques, par contre d'autres le trouvent excessivement vague, car à vrai dire ce dernier inclut une partie du domaine aride.

1.3.6. Les climats polaires :

Ces climats ont un hiver extrêmement froid ainsi qu'un été bref et peu marqué où la moyenne de température du mois le plus chaud est inférieure à 10 °C. Durant toute l'année, les précipitations sont très peu abondantes et les vents sont excessivement violents. Comme leur nom l'indique, ces climats règnent en maîtres sur les pôles.

1.3.7. Les climats de montagne :

De par le monde, ce sont des climats étroitement liés aux reliefs même insignifiants. Ils ont trois caractères essentiels à savoir leur fraîcheur et leur abondance pluviométrique par rapport au climat des plaines avoisinantes ainsi que leur changement rapide dans le temps.

Mais il existe des différences bien nettes selon la latitude (basse ou moyenne) entre les montagnes, car les différents étages climatiques et végétaux n'apparaissent pas aux mêmes altitudes, mais notamment à cause de la faiblesse des contrastes saisonniers dans les montagnes

tropicales ce qui crée l'absence de variation d'altitude du couvert neigeux. En revanche, dans les moyennes latitudes, la saison froide (neigeuse) s'oppose à un été très différent.

1.4. Climats de l'Algérie :

Les aires climatiques en Algérie sont tributaires des grandes frontières morpho structurales (Prenant A., 2000). D'une superficie de territoire de 2.381.741 km² l'Algérie est comprise entre les latitudes 18 et 38° nord et les longitudes 12° est et 9° ouest (Ministère de l'habitat, 1994). Cette immensité divisée par lesdites limites, lui a conféré trois grandes zones climatiques :

- Le Tell, d'un climat humide de type sud-méditerranéen caractérisé par une sécheresse estivale quasi absolue, des précipitations hivernales maximales et des températures douces et peu contrastées (Alger de 12 à 25° C).
- Les hautes plaines, d'un climat de type froid (continental) dont la partie orientale est plus arrosée que celle qui se trouve à l'ouest. On note une diminution globale des précipitations comparativement au Tell, une importance des pluies d'automne et de printemps, l'intervention des orages d'été, l'accentuation des contrastes thermiques (El Eulma de 5 à 24° C), les gels souvent tardifs et la neige hivernale sur les hauteurs.
- Le Sahara où règne un climat sec et aride dont la frontière nord est le pied sud de l'Atlas saharien. Avec un rythme saisonnier qui ne diffère guère de celui des Hautes plaines, l'aridité est un résultat de l'insuffisance dans l'activité des perturbations elle-même due à la faiblesse du gradient vertical. (Ministère de l'habitat, 1994), (Prenant A., 2000).

Dans l'étude menée par le Bureau d'Etudes d'Ingénierie et de Service pour le compte du ministère de l'habitat (1994), il a été proposé une classification plus détaillée des différentes zones climatiques sur base de calcul du degré jours qui n'est autre que la différence entre température extérieure moyenne et température intérieure de base de confort cumulé sur l'année (16 °C en hiver et 25 °C en été). L'Algérie a été ainsi divisée en trois zones climatiques d'hiver qui contiennent sept sous-zones sous l'influence de l'altitude et cinq zones climatiques d'été sans subdivisions.

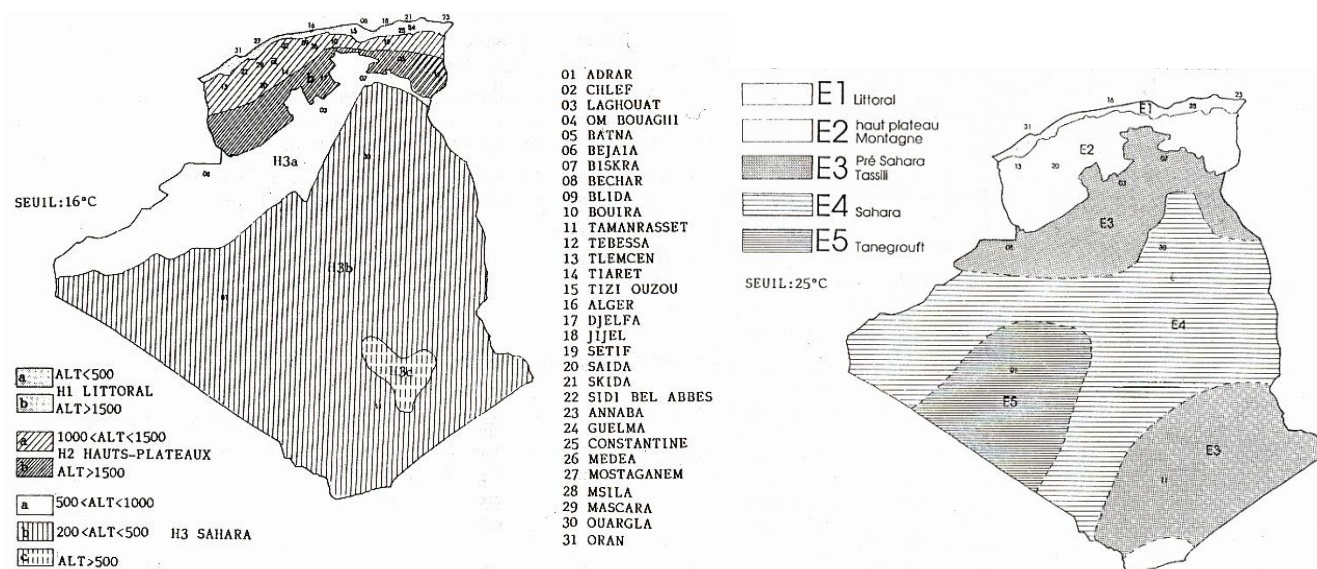


Figure 4 : Zones climatiques d'hiver et d'été en Algérie

Source : Ministère de l'habitat, 1994.

1.4.1. Les zones climatiques d'hiver :

- **La zone H1** : Sous la subordination directe de la proximité de la mer, selon l'effet de l'altitude, elle se subdivise en deux sous-zones à savoir H1a (littoral-mer) dont l'altitude est inférieure à 500 m et où règne des hivers doux de faibles amplitudes thermique. Alors que la sous-zone H1b (Arrière littoral- montagne) dont l'altitude est supérieure à 500 m, lui confère des hivers plus froids et plus longs.

- **La zone H2** : Sous la dépendance de l'altitude, se partage en deux sous-zones. La première H2a (Atlas tellien-montagne) est comprise entre 1000 et 1500 m d'altitude dans laquelle sévissent des hivers froid avec des écarts importants de température diurne. La deuxième H2b (Atlas saharien-montagne) dont l'altitude dépasse les 1500 m se nuance de la première par des hivers encore plus froids;

- **La zone H3** : Subit l'effet de la latitude et vu l'immensité du Sahara ainsi que l'influence de la l'altitude, elle se divise en trois sous-zones. H3a représente le Pré Sahara dont l'altitude varie entre 500 et 1000 m. elle se caractérise par des hivers très froid la nuit comparativement au jour avec des différences considérables de température entre le jour et la nuit. H3b qualifié de Sahara, dont la fluctuation de l'altitude est de 200 à 500 m, se distingue par ses hivers moins froids que la sous-zone précédente et des écarts de température diurne. Finalement les hivers très froids de la sous-zone H3c (le Hoggar)

où l'altitude excède 500 m sont semblables à ceux de la zone H3a mais la fraîcheur continue même au cours des journées.

1.4.2. Les zones climatiques d'été :

- **La zone E1** : Où la mer a une influence essentielle sur son climat estival, elle se caractérise par des étés chauds et humides mais l'écart de température diurne est moindre.
- **La zone E2** : Car elle subit l'influence de l'altitude, cette zone est plus chaude en été mais moins humide par rapport à la précédente. Les écarts de température diurne sont importants.
- **Les zones E3, E4 et E5** : En subordination à l'effet de la latitude, la chaleur et sécheresse des étés de ces zones grandissent proportionnelles à l'augmentation de leur indices. Commenant par un été très chaud et sec dans la zone E3 pour devenir extrême et pénible dans la zone E5 (la plus brûlante en Algérie). Dans ces trois zones, l'amplitude thermique est aussi importante.

Tableau 1 : Récapitulation des données climatiques par zone (Hiver et Eté)

Source : Ministère de l'habitat, 1994.

ZONE \ DONNÉES MOYENNES		LE MOIS LE PLUS FROID : JANVIER								HIVER				
		TEMPÉRATURE (°C)			HUMIDITÉ RELATIVE (%)			DEGRÉ-JOUR FROIDS (Base 16°C)		IRRADIATION GLOBALE (WH/M²)			VENT DOMINANT (VITESSE)	
										VERTICAL		HOR.		
		Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Janv.	Année					Sud
H 1	H1a	10.5	5.4	16.5	77.1	51.2	93.5	151	649	3602	2798	1545	2196	Sud-Ouest (3.4 m/s)
	H1b		5.4	14.4				189	742					
H 2	H2a	4.9	1.7	10.4	75.4	47.0	96.6	308	1447	4966	3844	2114	2976	Nord (3 m/s)
	H2b	4.6	-0.8	9.3	73.5	49.1	92.0	364	1800	4444	3472	1976	2800	Nord-Ouest (3.2 m/s)

H 3	H3a	9.8	3.6	16.6	45.8	26.3	66.5	183	589	5878	4589	2604	3716	Nord (2.5 m/s)
	H3b	12.1	3.5	21.2	48.0	25.0	72.9	137	391	6440	5131	3138	4340	Nord-Est (5.7 m/s)
	H3c	12.6	5.3	20.5	27.3	13.9	45.5	116	334	6342	5207	3461	4960	Nord-Est (2.4 m/s)
ZONE DONNÉES MOYENNES		LE MOIS LE PLUS CHAUD : JUILLET									ETE			
		TEMPERATUR (°C)			HUMIDITE RELATIVE (%)			DEGRE-JOUR CHAUDS (Base 25°C)		IRRADIATION GLOBALE (WH/M²)			VENT DOMINANT (VITESSE)	
										VERTICAL				
		Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Juil.	Année	Sud	S/E où S/O	Est ou Ouest		
E 1	24.2	18.4	30.6	68.7	40.8	91.2	39	95	2312	3362	3857	6936	Nord-Est (3.4 m/s)	
E 2	24.9	14.7	34.5	54.4	27.0	83.8	70	171	2548	3773	4408	7494	Nord (2.6 m/s)	
E 3	32.5	24.5	40.4		16.9	55.8	95	394	2634	3723	4296	6924	Est (4.3 m/s)	
E 4	33.4	24.3	42.0	24.1	10.8	42.5	171	621	2072	3523	4439	7516	Nord-Ouest (4.3 m/s)	
E 5	36.5	26.8	44.9	12.7	9.1	20.5	210	880	2374	3953	4940	8108	Est (5.8 m/s)	

Les régions de la sphère où le bilan hydrique déficitaire (dû essentiellement à l'insuffisance des précipitations par rapport aux prélèvements de l'évaporation) est la principale caractéristique, sont considérées comme partie intégrante du domaine aride. La notion d'aridité est rendue difficile par d'autres intervenants tels que l'insolation, les vents, le relief, etc. sur la base desquels plusieurs indices d'aridité (ou d'humidité) ont été formulés. Entre autres on cite le facteur de pluie (Regenfaktor) de R. Lang, amélioré par Emmanuel de Martonne, le quotient pluviothermique de L. Emberger, la confrontation d'Henri Gaussen ou la méthode analogue de Charles P. Péguy, etc. Cependant, grâce à son efficacité, l'indice de Wladimir Köppen est le

plus célèbre et le plus utilisé. Son originalité réside dans la détermination de seuils limitant les régions arides et semi-arides en s'appuyant sur la température et les précipitations (selon la saison d'abondance) (Durand-Dastes F. (2000) :

Tableau 2 : Indice d'aridité selon Köppen. P représente les précipitations moyennes annuelles en centimètres ; T représente les températures moyennes annuelles en degrés Celsius.

Source : Durand-Dastes F. (2000).

	non aride	semi-aride	aride
pluies en toutes saisons	$P > 2(T + 7)$	$P < 2(T + 7)$ $P > (T + 7)$	$P < (T + 7)$
pluies d'été	$P > 2(T + 14)$	$P < 2(T + 14)$ $P > (T + 14)$	$P < (T + 14)$
pluies d'hiver	$P > 2 T$	$P < 2 T$ $P > T$	$P < T$

1.6. Microclimats et principes générateurs :

Mac Gehee cité par Durand-Dastes F. (2000) définit le microclimat comme : *"le climat de tout espace local qui diffère sensiblement du climat dominant d'ordre de grandeur plus élevé. Cet espace peut être une pente, une vallée, un lit d'oued, une cité, une oasis, un fossé d'irrigation, ou la couche d'air comprise entre le sol et un couvert végétal"*.

Ces climats de petite extension se caractérisent par :

- Leurs dépendance aux influences étroitement localisées (la nature du sol, le couvert végétal, la pente, l'exposition, etc.);
- La rapidité de leur variation spatiale ;
- Leur détermination est sujette au rôle essentiel joué par les bilans radiatifs locaux et les mouvements de l'air de faible amplitude.

CHAPITRE 2 : IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES TERRITOIRES

Chapitre 2 : Impact des changements climatiques sur les territoires

2.1. Changements climatiques et territoires :

Le changement climatique, également appelé changement climatique anthropique ou réchauffement climatique d'origine humaine, fait référence à la modification à long terme des conditions météorologiques et climatiques de la Terre en raison de l'activité humaine, en particulier l'émission de gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O) dans l'atmosphère. Ces gaz piègent la chaleur du soleil et entraînent un réchauffement de la planète, provoquant ainsi des changements significatifs dans le climat mondial.

Les principaux aspects du changement climatique comprennent :

1. Augmentation de la température moyenne mondiale : L'une des caractéristiques les plus visibles du changement climatique est l'augmentation de la température de la surface de la Terre, généralement appelée réchauffement climatique. Les températures moyennes mondiales ont augmenté au cours des dernières décennies, avec des conséquences potentiellement graves pour les écosystèmes, les sociétés humaines et la biodiversité.

2. Modifications des modèles météorologiques : Le changement climatique entraîne des variations dans les modèles météorologiques régionaux, ce qui peut conduire à des événements météorologiques extrêmes plus fréquents et graves, tels que des tempêtes, des inondations, des sécheresses et des vagues de chaleur.

3. Fonte des glaciers et des calottes glaciaires : Les températures plus élevées entraînent la fonte des glaciers et des calottes glaciaires, contribuant à l'élévation du niveau de la mer. Cela peut avoir des conséquences importantes pour les zones côtières et les îles vulnérables à l'inondation.

4. Élévation du niveau de la mer : En raison de l'expansion thermique de l'eau et de la fonte des glaces, le niveau de la mer augmente, menaçant les régions côtières, les populations et les écosystèmes côtiers.

5.Impact sur la biodiversité : Le changement climatique peut perturber les habitats naturels et déplacer les espèces végétales et animales, ce qui peut entraîner des extinctions locales et des déséquilibres dans les écosystèmes.

6.Conséquences pour l'agriculture et la sécurité alimentaire : Les variations des précipitations et des températures peuvent avoir un impact sur la production agricole, entraînant des perturbations dans les systèmes alimentaires mondiaux et menaçant la sécurité alimentaire.

7.Effets sur la santé humaine : Les changements climatiques peuvent également avoir des effets directs et indirects sur la santé humaine, notamment en augmentant les risques de maladies liées à la chaleur, les maladies infectieuses et les migrations forcées dues à des événements climatiques extrêmes.

Le changement climatique est largement attribué à l'activité humaine, en particulier la combustion de combustibles fossiles (comme le charbon, le pétrole et le gaz naturel), la déforestation et d'autres pratiques qui libèrent des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Pour atténuer les effets du changement climatique, de nombreux pays travaillent à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, à développer des énergies renouvelables et à mettre en œuvre des politiques visant à lutter contre le réchauffement climatique.

Un changement climatique, ou dérèglement climatique, correspond à une modification durable (de la décennie au million d'années) des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité) du climat global de la Terre ou de ses divers climats régionaux. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieures ou, plus récemment, aux activités humaines. Le changement climatique en cours depuis la Révolution industrielle, ou réchauffement climatique, résulte d'une modification de la composition de l'atmosphère terrestre par les émissions de gaz à effet de serre engendrées par les activités humaines¹. Des variations naturelles du climat peuvent s'y superposer selon l'objectif poursuivi, le terme « changement climatique » n'a pas la même signification :

- Dans les travaux du GIEC, le terme fait référence à tout changement dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines.

- Dans la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques⁴, le terme désigne uniquement les changements dus aux activités humaines. La Convention-cadre utilise le terme « variabilité climatique » pour désigner les changements climatiques d'origine naturelle.

Les gaz à effet de serre (GES) ont un rôle essentiel dans la régulation du climat. Sans eux, la température moyenne sur Terre serait de -18 °C au lieu de +14 °C et la vie n'existerait peut-être pas. Toutefois, depuis le XIX^e siècle, l'homme a considérablement accru la quantité de gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère. En conséquence, l'équilibre climatique naturel est modifié et le climat se réajuste par un réchauffement de la surface terrestre. Nous pouvons déjà constater les effets du changement climatique. C'est pourquoi il convient de se mobiliser et d'agir. Tout le monde est concerné : élus, acteurs économiques, citoyens, pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre, mais aussi pour s'adapter aux changements déjà engagés.

2.2 Pourquoi la Terre chauffe ?

2.2.1 L'effet de serre :

La Terre reçoit en permanence de l'énergie du soleil. La partie de cette énergie qui n'est pas réfléchiée par l'atmosphère, notamment les nuages, ou la surface terrestre est absorbée par la surface terrestre qui se réchauffe en l'absorbant. En contrepartie, les surfaces et l'atmosphère émettent du rayonnement infra-rouge, d'autant plus intense que les surfaces sont chaudes. Une partie de ce rayonnement est absorbée par certains gaz et par les nuages, c'est le phénomène de l'effet de serre. L'autre partie est émise vers l'univers et la température de la Terre s'ajuste pour trouver un équilibre entre l'énergie du soleil absorbée en permanence et celle réémise sous forme de rayonnement infra-rouge. Une augmentation des gaz à effet de serre suite aux activités de l'homme piège une partie de ce rayonnement, ce qui provoque une hausse de la température des surfaces jusqu'à trouver un nouvel équilibre. C'est la cause principale du réchauffement climatique observé ces dernières décennies.

2.2.2 Les principaux gaz à effet de serre :

Certains gaz à effet de serre sont naturellement présents dans l'air (vapeur d'eau, dioxyde de carbone). Si l'eau (vapeur et nuages) est l'élément qui contribue le plus à l'effet de serre « naturel », l'augmentation de l'effet de serre depuis la révolution industrielle du XIX^e siècle est induite par les émissions d'autres gaz à effet de serre provoquées par notre activité :

- L'accumulation du dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère contribue pour 2/3 de l'augmentation de l'effet de serre induite par les activités humaines (combustion de gaz, de pétrole, déforestation, cimenteries, etc.). C'est pourquoi on mesure usuellement l'effet des autres gaz à effet de serre en équivalent CO₂ (eq. CO₂). Les émissions de CO₂ actuelles auront

un impact sur les concentrations dans l'atmosphère et sur la température du globe pendant des dizaines d'années, car sa durée de vie dans l'atmosphère est supérieure à la centaine d'années.

- Le méthane (CH_4) : les élevages des ruminants, les rizières inondées, les décharges d'ordures et les exploitations pétrolières et gazières constituent les principales sources de méthane induites par les activités humaines. La durée de vie du méthane dans l'atmosphère est de l'ordre de 12 ans.

- Le protoxyde d'azote (N_2O) provient des engrais azotés et de certains procédés chimiques. Sa durée de vie est de l'ordre de 120 ans.
- L'hexafluorure de soufre (SF_6) a une durée de vie de 50 000 ans dans l'atmosphère.

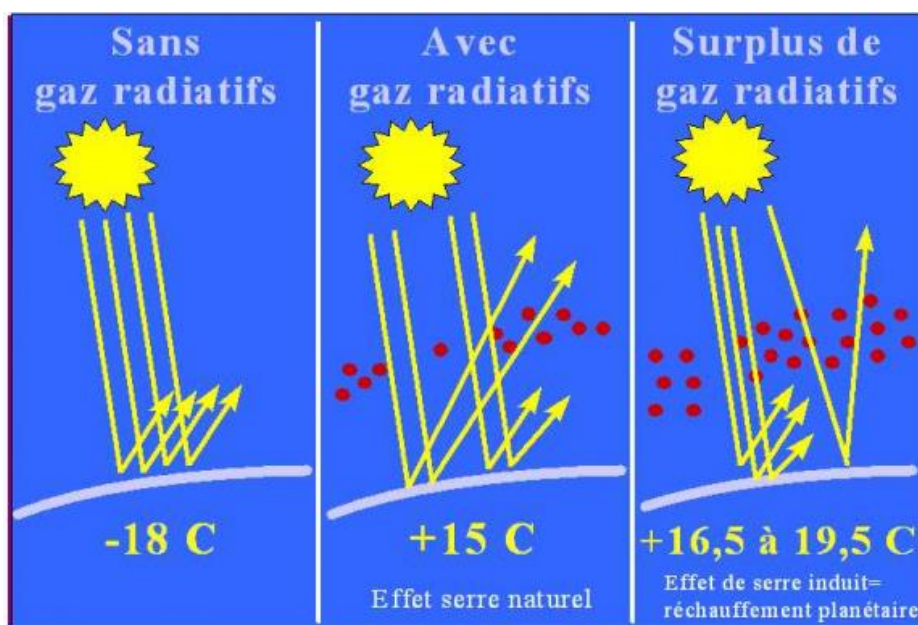


Figure 5 : L'effet de serre et son impact sur la température globale moyenne

2.3 Evolution du climat mondial

Le GIEC a publié son 5e rapport (AR5) en 2014. Il montre que le changement climatique est déjà engagé :

- En 2015, la température moyenne planétaire a progressé de 0,74 °C par rapport à la moyenne du XXe siècle. En été, elle pourrait augmenter de 1,3 à 5,3 °C à la fin du XXIe siècle.
- Le taux d'élévation du niveau marin s'est accéléré durant les dernières décennies pour atteindre près de 3,2 mm par an sur la période 1993-2010.

- En France, le nombre de journées estivales (avec une température dépassant 25 °C) a augmenté de manière significative sur la période 1950-2010.
- De 1975 à 2004, l'acidité des eaux superficielles des océans a fortement augmenté, leur pH (potentiel hydrogène) a diminué de 8,25 à 8,14.

- La perturbation des grands équilibres écologiques s'observe déjà : un milieu physique qui se modifie et des êtres vivants qui s'efforcent de s'adapter ou disparaissent sous les effets conjugués du changement climatique et de la pression de l'homme sur leur environnement. Le GIEC évalue également comment le changement climatique se traduira à moyen et long terme. Il prévoit :
 - Des phénomènes climatiques aggravés : l'évolution du climat modifie la fréquence, l'intensité, la répartition géographique et la durée des événements météorologiques extrêmes (tempêtes, inondations, sécheresses).

- Un bouleversement de nombreux écosystèmes : avec l'extinction de 20 à 30 % des espèces animales et végétales, et des conséquences importantes pour les implantations humaines.
- Des crises liées aux ressources alimentaires : dans de nombreuses parties du globe (Asie, Afrique, zones tropicales et subtropicales), les productions agricoles pourraient chuter, provoquant de graves crises alimentaires, sources de conflits et de migrations.

- Des dangers sanitaires : le changement climatique aura vraisemblablement des impacts directs sur le fonctionnement des écosystèmes et sur la transmission des maladies animales, susceptibles de présenter des éléments pathogènes potentiellement dangereux pour l'Homme.

- L'acidification des eaux : l'augmentation de la concentration en CO₂ (dioxyde de carbone) dans l'atmosphère entraîne une plus forte concentration du CO₂ dans l'océan. En conséquence, l'eau de mer s'acidifie car au contact de l'eau, le CO₂ se transforme en acide carbonique. De 1751 à 2004, le pH (potentiel hydrogène) des eaux superficielles des océans a diminué de 8,25 à 8,14. Cette acidification représente un risque majeur pour les récifs coralliens et certains types de plancton menaçant l'équilibre de nombreux écosystèmes.

- Des déplacements de population : l'augmentation du niveau de la mer (26 à 98 cm d'ici 2100, selon les scénarios) devrait provoquer l'inondation de certaines zones côtières (notamment les deltas en Afrique et en Asie), voire la disparition de pays insulaires entiers (Maldives, Tuvalu), provoquant d'importantes migrations.

2.3 Les conséquences indirectes du changement climatique

Les conséquences indirectes du changement climatique qui concernent

directement la population et l'environnement sont les suivantes : Augmentation des crises alimentaires et de l'eau, notamment dans les pays en voie de développement

- Risques sanitaires en raison de la hausse des températures et des vagues de canicule • conséquences économiques pour l'élimination des conséquences climatiques
- Prolifération des nuisibles et des maladies
- perte de la biodiversité en raison de la capacité et de la vitesse d'adaptation limitées de la faune et de la flore • acidification des océans due aux concentrations de HCO_3 élevées dans l'eau en raison de la hausse des concentrations de CO_2

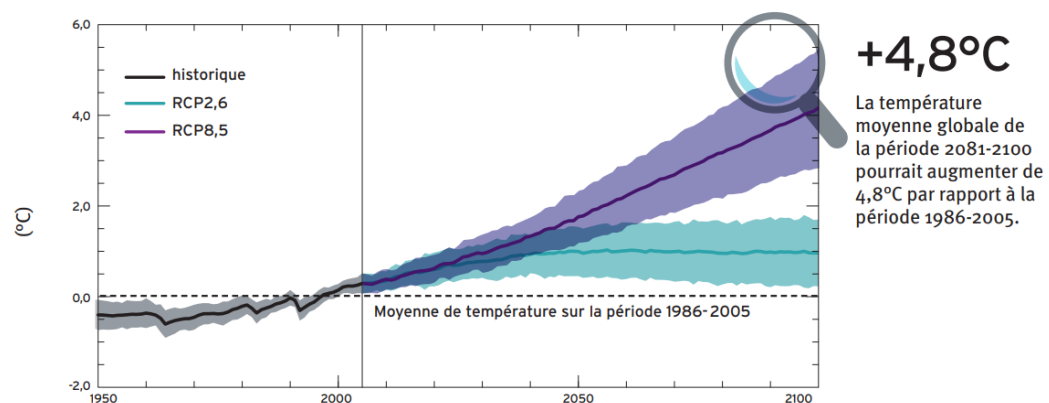
Si les sécheresses se sont multipliées dans les régions tropicales et subtropicales depuis les années 1970, cela n'est vraisemblablement pas sans lien avec les activités humaines. Aujourd'hui, 1 % des terres émergées sont frappées par des conditions de sécheresse extrêmes. D'ici à 2100, ce chiffre pourrait passer à 30 %. Le stress hydrique devrait augmenter sous l'effet combiné du dérèglement des précipitations, de la baisse de la qualité et de la quantité d'eau disponible et de la hausse de la demande en eau

- Nécessité d'agir dans tous les secteurs (p. ex. agriculture, sylviculture, énergie, infrastructure, tourisme, etc.) - Sol et changement climatique Le changement climatique met le sol sous pression Des températures plus élevées risquent toutefois aussi d'accroître la décomposition et la minéralisation de la matière organique dans le sol, réduisant ainsi la teneur en carbone organique. Le sol est un élément important — et souvent négligé — du système climatique. Il s'agit du deuxième plus grand réservoir de carbone, ou « puits », après les océans. Suivant la région considérée, le changement climatique pourrait entraîner le stockage d'une quantité plus importante de carbone dans les végétaux et dans le sol à la suite de la croissance végétale, ou provoquer l'émission de plus grandes quantités de carbone dans l'atmosphère. La restauration des principaux écosystèmes terrestres et une utilisation durable de la terre dans les zones urbaines et rurales peuvent nous aider à atténuer les effets du changement climatique et à nous adapter à celui-ci. - Impacts Sur Le Secteur Agricole Concernant l'agriculture, les changements climatiques pourraient avoir des impacts autant négatifs que positifs. En général, une augmentation des températures moyennes et un allongement de la saison de croissance devraient occasionner un accroissement potentiel du rendement des cultures. De même, ces modifications devraient rendre possible la production de cultures adaptées à des températures

plus élevées (Bélanger, 2002). À l'inverse, la protection hivernale qu'offre la couverture neigeuse aux cultures pérennes pourrait être affectée par des hivers plus doux et moins enneigés. De plus, des automnes plus doux pourraient diminuer les conditions optimales à l'endurcissement et causer plus de dommages aux plantes fourragères (Bélanger, 2002).

Les risques d'invasion par les insectes ravageurs pourraient augmenter et la répartition des espèces pourrait être modifiée au cours des prochaines années, en raison de conditions climatiques plus propices (Roy, 2002). Par exemple, des observations confirment que la chrysomèle des racines de l'ouest et la tordeuse orientale du pêcher, qui étaient présentes au sud du Québec, progressent maintenant vers le nord. Dorénavant, la présence de certains insectes est observée sur une plus longue période, ce qui, par conséquent, implique que le dépistage devra débuter plus tôt en saison. Les mauvaises herbes bénéficieront également de nouvelles conditions favorables provoquées par les changements climatiques, favorisant l'expansion de leur aire de développement.

De plus, selon certaines études, les mauvaises herbes auraient de meilleures capacités d'adaptation aux modifications du climat que les cultures. L'adaptation de l'agriculture aux nouvelles conditions liées aux changements climatiques sera nécessaire. Bien sûr, beaucoup de défis attendent les producteurs, mais ceux-ci ont la possibilité de s'adapter aux changements climatiques en introduisant de nouvelles variétés de cultures ou de nouveaux types de productions, en assurant une meilleure protection des sols et de meilleures conditions hydriques. Plus vite les producteurs agricoles sauront s'adapter aux changements climatiques, plus ils en réduiront les impacts négatifs sur leur exploitation. En effet, les actions de lutte aux changements climatiques réalisées maintenant sont plus avantageuses que les adaptations nécessaires qui seront imposées par les impacts.



Projections de hausses des températures au XXI^e siècle (par rapport à la moyenne sur la période 1986-2005), scénario optimiste (RCP2.6) et scénario pessimiste (RCP8.5). Les bandes (violette et bleue) autour des courbes représentent les marges d'incertitude des modélisations.

Source : 5^e rapport du GIEC, 1^{er} et 3^e groupes de travail, 2013 et 2014.

Figure 6 : Projection de hausses des températures

CHAPITRE 3 : IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES MILIEUX URBAINS

Chapitre 3 : Impact des changements climatiques sur les milieux urbains

3.1. Implications tangibles pour les villes du monde

Un réchauffement atmosphérique et océanique lié aux activités humaines est observé depuis plusieurs décennies. Ce réchauffement entraîne un changement de la fréquence et de l'intensité des précipitations, de l'activité cyclonique, de la fonte des glaciers et de l'élévation du niveau des mers. Ces changements physiques et les réponses apportées par les écosystèmes et les économies ont des implications tangibles pour les villes du monde entier, malgré d'énormes disparités géographiques. Nombre de ces changements se manifestent graduellement et deviennent peu à peu des réalités concrètes. Mais les risques potentiels d'événements brutaux liés au changement climatique n'ont pas encore été entièrement étudiés (voir Tableau 3).

Le niveau moyen des mers augmente dans le monde depuis plusieurs dizaines d'années, avec d'importantes variations d'une région à l'autre. La dilatation thermique (c'est-à-dire l'augmentation du volume des eaux océaniques à mesure de leur réchauffement) est identifiée comme la principale cause de l'élévation du niveau des mers, mais la fonte de la calotte glaciaire pourrait jouer un rôle plus important à l'avenir. Il se peut qu'à partir de certains seuils de températures ou "points de basculement", la fonte s'accélère pour atteindre des vitesses inégalées au cours des temps modernes.



Figure 7 : Urbanisation et le climat convergent dangereusement

Du fait de sa rapide progression, les menaces que le changement climatique fait peser sur ces zones urbaines vont s'intensifiant. Ses effets frapperont de façon disproportionnée les

populations urbaines pauvres dans les pays en voie de développement mais aussi dans les pays développés.

3.2. Conséquences du changement climatique pour les populations urbaines pauvres

Dans n'importe quel centre urbain, les catégories de population les plus pauvres devraient être frappées de façon disproportionnée pour diverses raisons, et notamment :

- de par une plus grande exposition aux risques (populations implantées sur des terrains inondables ou instables) ;
- à cause de la totale inefficacité de leurs logements à minorer les risques (logements de mauvaise qualité, absence d'assainissement) ;
- du fait d'une moins bonne capacité d'adaptation (faute d'argent, ces populations ne peuvent pas déménager dans des logements de meilleure qualité ou vers des lieux plus sûrs) ;
- du fait d'un moins bon soutien de l'État en cas de catastrophe (ex. : besoin de solutions d'urgence et d'aide pour réparer ou reconstruire les maisons et les foyers ; or, dans les faits, l'action de l'État se traduit même parfois par une majoration des risques pour ces populations, due à la restriction de l'accès à des sites plus sûrs pour implanter les logements) ;
- du fait d'une moins bonne protection juridique et financière (ex. : absence de droit officiel sur les terrains sur lesquels ils s'établissent, aucune couverture d'assurance, aucun capital conservé à l'abri).

3.3. Vulnérabilité des villes face aux changements climatiques

La notion de vulnérabilité face au changement climatique peut être appliquée à de plus grandes échelles (les villes ou régions urbaines) ou encore aux ressources et aux services rendus par les écosystèmes.

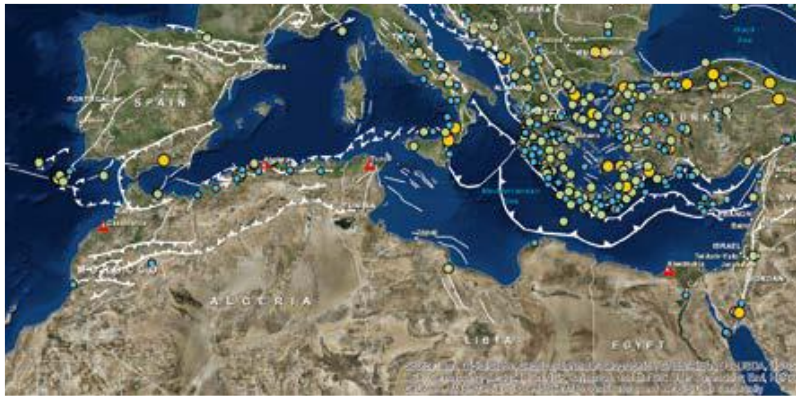


Figure 8 : Localisation des quatre villes étudiées sur la carte des séismes du bassin méditerranéen.

Comme vu précédemment, l'urbanisation va croissant dans le monde entier. Les taux d'urbanisation sont supérieurs dans les pays en développement, qui sont moins préparés que les pays développés pour affronter les impacts à venir. Dans ces régions du monde, l'accroissement démographique peut agir comme un important multiplicateur des menaces et accentuer considérablement les effets du changement climatique.

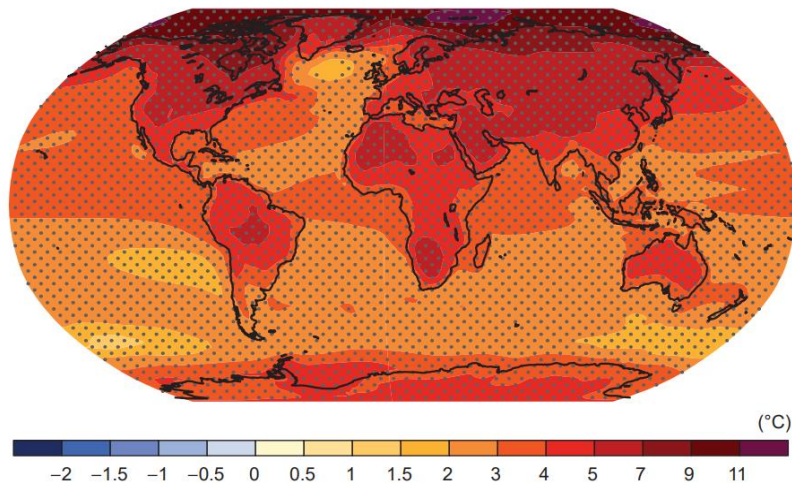
Une population plus nombreuse signifie une plus grande demande de ressources énergie, nourriture et eau notamment et de plus grands volumes de déchets. Par conséquent, l'urbanisation peut devenir un facteur de vulnérabilité important si la demande de logements, d'infrastructures et de services croît plus rapidement que l'offre. Et cela pourrait alors donner lieu à une multiplication des implantations dans des zones dangereuses ou à l'utilisation de techniques ou de matériaux de construction inadaptés.

Ce risque est encore plus important dans les pays en voie de développement, si bien que pour une même catastrophe naturelle, plus de gens courent le risque d'être touchés dans un pays en développement que dans un pays développé. L'absence de vitalité économique, qui caractérise de nombreux pays en voie de développement, exacerbe la vulnérabilité en restreignant la capacité à limiter les impacts des menaces liées au climat et à s'y préparer. Les villes aux plus grandes inégalités sociales, qui comptent une large population pauvre, sont par nature les plus vulnérables.



Figure 9 : Vulnérabilité du bâti de la ville de Chlef (Algérie) :
Leçons tirés du séisme de 1980

Évolution possible des températures de surface à la fin du XXI^e siècle
(sur la période 2081-2100 par rapport à 1986-2005), dans le scénario RCP8.5.



L'évolution des températures prédite par les modèles n'est pas homogène sur l'ensemble du globe.
Les continents et les latitudes élevées se réchauffent beaucoup plus vite.

Figure 10 : L'évolution de la température moyenne globale au XXI^e siècle

CHAPITRE 4 : OUTILS DE GESTION

Chapitre 4 : Outils de gestion

4.1. Les mécanismes de flexibilité du protocole de Kyoto

Le protocole de Kyoto prévoit les trois mécanismes suivants :

- Le mécanisme pour un développement propre permet à des projets de réduction d'émissions lancés dans des pays en développement de gagner des crédits de "réduction d'émissions certifiée", qui peuvent être négociés ou vendus.
- Le mécanisme de mise en œuvre conjointe permet aux pays développés d'investir dans des initiatives de réduction des émissions lancées dans d'autres pays développés. Un pays développé peut ainsi gagner, grâce à un projet mis en œuvre dans un autre pays développé, des "unités de réduction d'émissions", qui seront déductibles de son propre objectif de réduction convenu dans le cadre du protocole de Kyoto.
- Le système de quotas d'émissions permet aux pays développés qui dépasseraient leurs objectifs d'émissions de compenser ce dépassement en achetant des "droits d'émissions" à des pays en deçà de leur quota d'émissions. Ainsi, sur la période allant de 2008 à 2012, les pays émettant moins que leur quota pourra vendre des droits d'émissions aux pays ayant dépassé leur quota.

4.2. Le groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC)

Le GIEC a été créé en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement de manière à informer les gouvernements sur l'évolution du climat. Les 194 pays membres du GIEC se réunissent une fois par an, au cours de séances auxquelles participent également de nombreuses autres institutions et des organisations observatrices. La résolution 43/53 de l'Assemblée générale des Nations Unies du 06 décembre 1988 précise que la mission du GIEC est de fournir des données scientifiques coordonnées à l'échelle internationale renseignant sur l'ampleur du changement climatique, sur les échelles de temps associées et sur les impacts environnementaux et socio-économiques potentiels et d'identifier des stratégies de réponse réalistes.

Le GIEC analyse les informations scientifiques et socio-économiques disponibles sur le changement climatique et ses impacts et évalue les solutions envisageables pour l'atténuer et s'y adapter. Le GIEC a régulièrement produit des rapports scientifiques complets sur le

changement climatique. Son tout premier rapport d'évaluation (publié en 1990) faisait état d'une augmentation, dans l'atmosphère, des taux de GES générés par les humains et prévoyait que ce phénomène pourrait accentuer le réchauffement de la planète. Il soulignait également le besoin de créer une plate-forme politique à partir de laquelle les pays pourraient s'attaquer aux conséquences du changement climatique ; un constat qui a été déterminant dans l'élaboration de la CCUNCC. Les deuxième et troisième rapports d'évaluation du GIEC (1995 et 2001 respectivement) identifiaient une relation plus importante entre les activités humaines et le changement climatique, donnant ainsi encore plus de poids aux négociations du protocole de Kyoto. Le quatrième rapport d'évaluation du GIEC (2007) indiquait que les preuves du réchauffement de la planète étaient "sans équivoque" et prévoyait un réchauffement compris entre 1,8°C et 4,0°C d'ici à 2100.

4.3 Mise en place d'un plan d'action pour la réduction de l'impact du changement climatique sur les catastrophes naturelles.

- Renforcer la capacité institutionnelle pour la mise en œuvre du plan d'actions.
- Se concentrer sur les mesures évitant les situations d'irréversibilité vis-à-vis du changement climatique, notamment en relation avec la planification urbaine.
- Établir des synergies entre les actions de réduction des risques et d'adaptation au changement climatique et les investissements et politiques de développement économique répondant aux besoins urgents et immédiats de la population.
- Bien différencier les mesures de court terme et les mesures de long terme. Jusqu'en 2030, les mesures d'adaptation les plus souhaitables sont celles qui maximisent les synergies avec les autres objectifs politiques, tels que la réduction de la pauvreté, la compétitivité ou la préservation des espaces naturels.
- Conserver une certaine souplesse par rapport aux autres priorités d'intervention, de façon à tenir compte des financements disponibles.

- Explorer de nouvelles formes de financement (assurances, subventions, taxes...), et mettre en place un régime d'aides incitatif vis-à-vis des particuliers et des entreprises.
- Communiquer sur la problématique des désastres naturels et du changement climatique, dans un souci de transparence et de sensibilisation du grand public.

C'est notamment dans le domaine institutionnel que ces synergies sont potentiellement les plus importantes.

En effet, si la gestion des risques en amont (connaissance, prévention, surveillance, alerte montante) est essentiellement l'affaire de spécialistes des différents types de risques naturels, du moment que le risque est identifié, l'alerte descendante (information des populations), la gestion de crise et le retour à la normale sont sous la responsabilité des mêmes corps d'État et organismes publics (notamment l'autorité de protection civile). Toute faiblesse structurelle et/ou fonctionnelle du système de gestion des risques naturels peut donc avoir d'importantes répercussions, et ce quelle que soit la nature du risque. Les plus importantes, car les plus transversales, sont sans doute : le renforcement de la coordination institutionnelle, le renforcement du système de surveillance et d'alerte, et l'autoprotection des populations face aux désastres naturels.

La planification urbaine doit se faire par une approche transversale des risques. Elle permet ainsi de « prévenir », voire d'éviter, l'exposition aux risques des populations, dans les zones d'urbanisation futures. À cet égard, la première mesure à prendre est la mise en œuvre effective et le respect des règlements de construction et d'urbanisme.

La planification urbaine est aussi le principal levier d'action pour les problématiques de submersion côtière ou d'inondation. Pour aller plus loin dans l'intégration des problématiques de catastrophes naturelles et de changement climatique dans la planification urbaine, il convient d'élaborer et d'appliquer des plans de prévention des risques (PPR), se traduisant par une réglementation fondée sur des cartes de zonage.

L'approche thématique des risques (sismicité, érosion et submersion marine, inondation, pénurie d'eau) est plus technique. Elle vise essentiellement à réduire les niveaux

d'aléa (par exemple, construction de barrages ou de digues) et/ou à réduire la vulnérabilité des populations et des activités exposées (par exemple, mode de construction adapté des habitations et des infrastructures).

Coûteuses, ces mesures de protection sont, par ailleurs, d'une efficacité beaucoup plus incertaine que les actions de planification urbaine. En effet, elles ne peuvent protéger des événements dommageables au-delà de certains seuils de récurrence. Dans le cas présent, la définition de ces mesures visait essentiellement à compenser l'impact potentiel du changement climatique, tout en restant dans les mêmes objectifs de protection que ceux actuellement définis par les autorités locales.

4.4 Les villes et la stratégie d'atténuation du changement climatique

En 2010, la moitié de la population mondiale vivait en ville. Entre 2010 et 2020, 95 % de l'accroissement démographique mondial (766 millions) sera constitué de résidents urbains (690 millions), la majorité d'entre eux (632 millions) venant se greffer à la population urbaine des pays en développement.

Entre 2000 et 2010, la population de bidonvilles dans les pays en développement est passé de 767 millions à 828 millions. Les villes sont des noyaux d'activités économiques et sociales qui engendrent des émissions de GES.

Les villes et zones urbaines produisent entre 40 et 70 pour cent des émissions anthropiques mondiales de GES. D'ici à 2030 plus de 80 % de la hausse de la demande énergétique mondiale annuelle (par rapport aux niveaux de 2006) proviendra des villes des pays en développement.

Les autorités municipales ont compétence sur de nombreuses activités affectant les émissions de GES au niveau local. Les municipalités peuvent agir comme des "laboratoires" pour tester des approches innovantes. Les autorités municipales peuvent agir en partenariat avec les acteurs de la société civile et du secteur privé.

Les villes regroupent de très nombreux acteurs du secteur privé, qui manifestent de plus en plus leur volonté d'intervenir sur le changement climatique. Les villes sont des lieux idéals de mobilisation de la société civile dans le domaine du changement climatique.

4.5 Plan ORSEC

La gestion des catastrophes naturelles et des situations d'urgence en milieu urbain, dans le contexte du changement climatique, est un enjeu crucial. Le Plan ORSEC (Organisation de la Réponse de Sécurité Civile) est un dispositif français qui vise à coordonner les interventions des différents acteurs en cas de crise majeure. Voici une synthèse sur l'impact du changement climatique en milieu urbain et les mesures envisagées dans le cadre du Plan ORSEC :

1. Impact du changement climatique en milieu urbain :

- **Augmentation des températures :** Les vagues de chaleur deviennent plus fréquentes et intenses, mettant en danger la santé des populations urbaines, en particulier les personnes âgées et vulnérables.
- **Événements météorologiques extrêmes :** Les inondations, les tempêtes et les sécheresses peuvent avoir des conséquences dévastatrices en milieu urbain, causant des dommages aux infrastructures, aux habitations et aux réseaux de transport.
- **Risques sanitaires :** L'augmentation des températures favorise la propagation des maladies vectorielles et des pathogènes, tandis que les événements climatiques extrêmes peuvent perturber les services de santé et d'approvisionnement en eau potable.

2. Mesures envisagées dans le cadre du Plan ORSEC :

- **Prévention et sensibilisation :** Renforcement des mesures de sensibilisation aux risques climatiques, notamment à travers des campagnes d'information et d'éducation destinées aux citoyens urbains.
- **Renforcement des infrastructures :** Investissement dans des infrastructures résilientes, telles que des systèmes de drainage améliorés, des bâtiments résistants aux intempéries et des espaces verts pour l'absorption des eaux de pluie.
- **Coordination des interventions :** Mise en place de mécanismes de coordination efficaces entre les différents acteurs impliqués dans la gestion des catastrophes, y compris les autorités locales, les services d'urgence, les organisations humanitaires et les volontaires.
- **Planification d'urgence :** Développement de plans d'urgence spécifiques pour faire face aux différents scénarios de catastrophes liées au changement climatique en milieu urbain, incluant l'évacuation des populations à risque et la mise en place de centres d'accueil temporaires.

3. Adaptation et résilience communautaire :

- Renforcement de la résilience communautaire : Encouragement de la participation citoyenne et du renforcement des capacités locales pour mieux faire face aux impacts du changement climatique.
- Intégration de la dimension sociale : Prise en compte des inégalités socio-économiques dans la planification et la mise en œuvre des mesures d'adaptation, afin de garantir une protection équitable pour tous les habitants des zones urbaines.

En somme, la gestion des risques liés au changement climatique en milieu urbain nécessite une approche holistique, intégrant à la fois des mesures de prévention, de préparation, de réponse et de reconstruction. Le Plan ORSEC constitue un cadre essentiel pour coordonner ces efforts et protéger les populations urbaines face aux défis croissants du changement climatique.

From climate risk to climate resilient development: climate, ecosystems (including biodiversity) and human society as coupled systems
(a) Main interactions and trends (b) Options to reduce climate risks and establish resilience

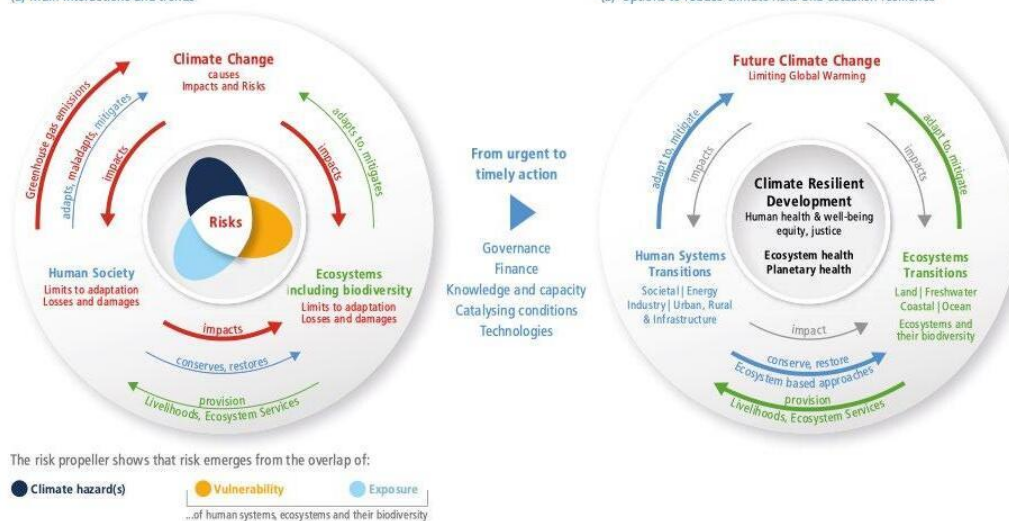


Figure 11 : Schéma plan ORSEC (M. Nobert 2023)

4.6 La résilience des villes

La résilience des villes face au changement climatique est devenue une priorité cruciale à l'ère moderne. Alors que les effets du changement climatique se font de plus en plus ressentir, les villes du monde entier sont confrontées à des défis sans précédent, tels que les inondations, les tempêtes violentes, les vagues de chaleur et la montée du niveau de la mer. Cependant, de nombreuses villes ont montré une capacité remarquable à s'adapter et à se relever face à ces défis.

La résilience urbaine implique une approche holistique qui intègre la planification urbaine, la gestion des ressources naturelles, l'infrastructure durable et la participation communautaire. Les villes résilientes investissent dans des infrastructures vertes telles que les parcs, les jardins communautaires et les toits végétalisés, qui aident à absorber les eaux de pluie, à réduire les îlots de chaleur urbains et à améliorer la qualité de l'air. De plus, elles adoptent des pratiques de construction durables et renforcent leurs infrastructures critiques pour mieux résister aux événements météorologiques extrêmes.



Figure 12 : Résilience et adaptation au changement climatique

(Alliance HQE 2022)

La collaboration entre les gouvernements locaux, les entreprises, les organisations communautaires et les citoyens joue un rôle essentiel dans la construction de villes résilientes. En encourageant la participation publique, en éduquant les citoyens sur les enjeux climatiques et en favorisant l'innovation, les villes peuvent renforcer leur capacité à faire face aux défis futurs.

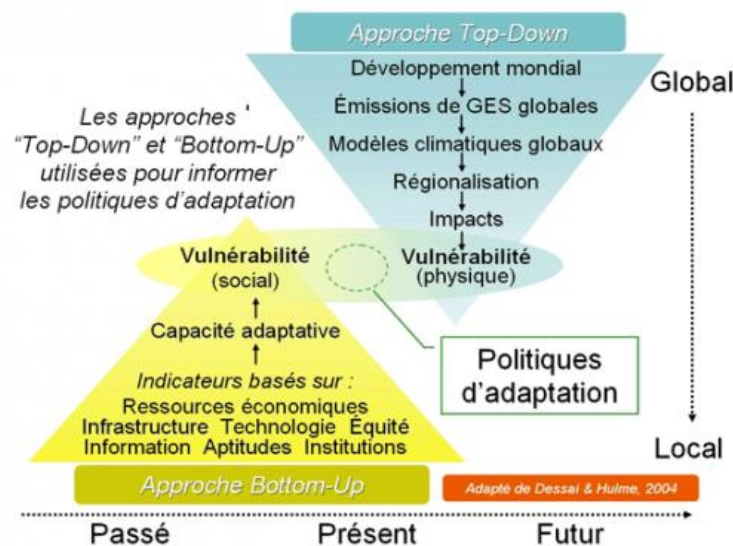


Figure 13 : Les trames vertes urbaines et l'adaptation au changement climatique

(F.Bertrand 2012)

En fin de compte, la résilience des villes face au changement climatique est un processus continu qui nécessite un engagement à long terme et une vision proactive. En investissant dans des stratégies d'adaptation et d'atténuation, les villes peuvent non seulement mieux se préparer aux défis environnementaux à venir, mais aussi créer des communautés plus sûres, plus saines et plus durables pour tous leurs habitants.

Conclusion sur les changements climatiques et les milieux urbains.

Les changements climatiques sont un phénomène complexe et global qui résulte de l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, principalement due aux activités humaines telles que la combustion de combustibles fossiles, la déforestation et l'agriculture intensive. Voici une synthèse des principaux aspects des changements climatiques :

1. **Augmentation des températures mondiales** : Les températures moyennes mondiales ont augmenté au cours des dernières décennies, entraînant des conséquences telles que la fonte des calottes glaciaires, l'élévation du niveau de la mer et des événements météorologiques extrêmes plus fréquents et intenses.
2. **Fonte des glaces et élévation du niveau de la mer** : La fonte des glaciers et des calottes glaciaires, ainsi que l'expansion thermique des océans due à l'augmentation de leur température, contribuent à l'élévation du niveau de la mer, menaçant les zones côtières et les écosystèmes marins.
3. **Modifications des précipitations et des schémas météorologiques** : Les changements climatiques perturbent les schémas de précipitations, entraînant des sécheresses, des inondations et des tempêtes plus fréquentes et plus intenses dans certaines régions, avec des conséquences néfastes pour l'agriculture, la sécurité alimentaire et la biodiversité.
4. **Impact sur les écosystèmes et la biodiversité** : Les écosystèmes terrestres et marins sont perturbés par les changements climatiques, ce qui affecte la distribution des espèces, favorise l'acidification des océans et entraîne la perte de biodiversité.
5. **Conséquences socio-économiques** : Les changements climatiques ont des répercussions socio-économiques importantes, notamment sur la sécurité alimentaire, la santé publique, les migrations, les conflits liés aux ressources et l'économie mondiale.
6. **Actions d'atténuation et d'adaptation** : Pour faire face aux changements climatiques, des actions d'atténuation visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et des mesures d'adaptation pour renforcer la résilience des sociétés et des écosystèmes sont nécessaires à l'échelle mondiale, régionale et locale.
7. **Accords internationaux** : Des accords internationaux tels que l'Accord de Paris visent à coordonner les efforts mondiaux de lutte contre les changements climatiques en fixant des objectifs de réduction des émissions et en encourageant la coopération entre les pays.

En résumé, les changements climatiques constituent l'un des défis les plus pressants et les plus complexes auxquels l'humanité est confrontée, nécessitant une action concertée et urgente à tous les niveaux pour limiter les impacts négatifs et construire un avenir plus durable et résilient.

Le changement climatique représente un défi majeur pour les milieux urbains, nécessitant une action concertée et immédiate. En raison de leur concentration démographique et de leur empreinte écologique, les villes sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes tels que les vagues de chaleur, les inondations et la pollution atmosphérique accrue. Cependant, les milieux urbains offrent également des opportunités uniques pour l'innovation et l'adaptation. En adoptant des pratiques de planification urbaine durable, en investissant dans des infrastructures résilientes et en promouvant des modes de vie plus durables, les villes peuvent non seulement atténuer les effets du changement climatique, mais aussi devenir des moteurs de progrès écologique. La collaboration entre gouvernements, entreprises et citoyens est essentielle pour construire des villes plus vertes, plus sûres et plus équitables pour les générations futures.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

AALBORG, L. C. (1994). La charte d'Aalborg: villes, migrations, démographie, questions urbaines., Aalborg.

AALBORG+10, L. C. (2014). Les engagements d'Aalborg: Inspiring futures., Aalborg.

AGENDA 21. (s.d.). Chapitre 28: Initiatives des collectivités locales à l'appui d'action. Nations unies .

BEREZOWSKA-AZZAG, E. (2011). *Projet urbain. Guide méthodologique. Connaître le contexte de développement durable.* . Alger: Synergie.

BRUNDTLAND, G. H. (1987). *Notre avenir à tous.* Nations unies.

BURROUGHS W.J. (2000). Comprendre le climat. Edition de lachaux et niestlé.

CHARLOT-VALDIEU, C., & OUTREQUIN, P. (2004). *La démarche HQE²R de conduite de projet urbain intégrant le développement durable.*

CHARLOT-VALDIEU, C., OUTREQUIN, P., & ROBBINS, C. (2004). *Cahier HQE²R n°1 : La démarche HGE²R. Volume 2 : Outils et recommandations HQE²R pour intégrer le développement durable dans les projets d'aménagement et/ou de renouvellement urbain.* Editions CSTB.

CHEMERY L. (2006) Petit atlas du climat. Larousse.

CLERGEAU P. et BLANC.N. (2013) Trames vertes urbaines : de la recherche scientifique au projet urbain. Edition du moniteur. Paris. 339p.

CNUED. (1992). *Agenda 21.* Rio de Janeiro.

COMMISSION EUROPÉENNE. (1996). *Villes durables européennes.* Bruxelles.

DECLARATION DE RIO. (1992). Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement . New York: Nations Unies.

ESCOURROU G. (1981) Climat et environnement. Les facteurs locaux du climat. Coll. géographie. In: Hommes et Terres du Nord, Géographie physique. p. 87.

FAYOLLE, R., & TANGUAY, G. A. (2011). Les indicateurs urbains de développement durable et l'aménagement du territoire . *Télescope*, 17(02), pp. 49-70.

GROUPE D'EXPERTS SUR L'ENVIRONNEMENT URBAIN . (1996). *Villes durables européennes.* BRUXELLES.

GIVONI B. (1978). L'homme, l'architecture et le Climat, Edition du Moniteur, Paris. traduction de J. L. Izard, 460 p.

HABITAT I. (1976). Rapport d'habitat: conférence des nations unies sur les établissements humains, Vancouver. New York: United Nations publication.

55

HABITAT II. (1996). Rapport Habitat II : Conférence des nations unies sur les établissements humains, Istanbul. United Nations publication.

HABITAT III. (2016). Nouveau programme pour les villes. Quito: Nations unies .

JESINGHAUS, J. (2014). Bellagio principles for assessing sustainable development. Dans A. Michalos, *Encyclopedia of quality of life and well-being research*. Dordrecht. doi:https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_167

LEDOUX B. (2006) La gestion du risque inondation. Edition TEC ET DOC. Paris.

LIEBARD, A., & DE HERDE, A. (2006). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. Le Moniteur.

MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE. (2022, 04 30). *Le référentiel ÉcoQuartier*. Récupéré sur ecoquartiers.logement.gouv.fr:
<http://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/20-engagements/referentiel/>

MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. (2019). *Référentiel écoquartier. En faveur des villes et des territoires durables*.

ODILE, B., MAGALI, D.-M., CECILE, D., LAURENT, G., VINCENT, M., ISABELLE, P., & BRUNO, T. (2008). *Les indicateurs de développement durable*.

PROTOCOLE DE KYOTO. (1997). Protocole de Kyoto à la convention-cadre des nations unies. Nations unies.

RIZOU, L., & GHALEM, N. (2010). *Procédure d'étude d'impact sur l'environnement en Algérie*. Alger: Ministère de l'aménagement du territoire de l'environnement et du tourisme.

ROGERS R. (2009) Des villes durables pour une petite planète. Edition Le moniteur. 212 p.

SCIAMA Y. (2007) Le changement climatique : Une nouvelle ère sur la terre. Edition Larousse.

SELTZER P. (1946) Le climat de l'Algérie. Institut de météorologie et de Physique du globe. Edition Typo litho et Carbonel. 219 p.

TANGUAY, G. A., RAJAONSON, J., LEFEBRE, J.-F., & LANOIE, P. (2009). Measuring the Sustainability of Cities: An Analysis of the Use of Local Indicators., *Ecological Indicators*, vol. 10, n° 2, p., 10(02), pp. 407-418.

- TCHOU, C. (1976). *L'encyclopédie Cousteau*. Paris: Robert Laffont.56
- TEDJANI, K. (2021). *Le développement durable en algérie*. Alger: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- TERREBONNE, V. D. (2018). *Manuel d'urbanisme durable: grille multicritère en urbanisme durable* . Terrebonne.
- TIRECHE, T., NADIA, K., ASMA, O., HASSEN, S., MALOKA, M., & FATIHA, G. (2012). *Instrument européenne de voisinage et de partenariat. Rapport pays algérie*. Denmark: European Environment Agency.
- UNITED-NATIONS. (1996). *Indicators of sustainable development framework and methodologies*. New York: United nations sales publication.
- UNITED-NATIONS. (2004, Décembre 15). *Indicators of sustainable development*.
- UNITED-NATIONS. (2007). *Indicators of sustainable development : guidelines and methodologies. Third Edition*. New York: United Nations publication.
- XAVIER L. et JEAN P. (2004) *Risque et urbanisme*. Edition Le moniteur. Paris.
- VU T C. et al. (1998). Réduction in air conditioning energy caused by a nearbypark, *Energy and Building*, 29, pp.457-463.