

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Biologiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en sciences biologiques

Spécialité : Protection des Ecosystèmes.

Thème

**Impact de l'anthropisation sur le Parc National du
Djurdjura**

Cas : Site de Tikjda.

Présenté par : HAMI Katia.

Soutenu devant les membres de jury :

Présidente : Mme. BRAHMI.K.

Professeur à l'UMMTO.

Promoteur : Mr. OUDJIANE.A.

MAA à l'UMMTO.

Co-promotrice : Mme. BERRACHED.R.

MCB à l'UMMTO.

Examineur : Mr. RAHMANI.A.

MAA à l'UMMTO.

Année universitaire : 2020-2021.

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, j'adresse mes sincères remerciements à mon Promoteur **Mr. Oudjiane** ainsi qu'à ma co-promotrice **Mme. Berrached** qui ont accepté et m'ont fait l'honneur d'encadrer ce travail.

Je tiens également à remercier **Mr. Alileche, Mr. Rahmani, Mme. Brahmi, Melle. Laidi, Melle. Kourchi, Mr. Mouaici** ainsi que tout le personnel du **Parc National du Djurdjura** pour leur accompagnement et leur précieuse aide durant le travail, sans qui ce travail n'aurait jamais vu le jour.

J'exprime ma profonde reconnaissance et chaleureux remerciements à ma famille et mes amis, ainsi que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, pour leur confiance leur soutien et leurs conseils.

Katia.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à,

Toi mon cher père, pour ton soutien et ton implication tout au long de mes études, tu m'as guidé et encouragé dans chacune de mes démarches, Papa, aucun mot ne serait assez puissant pour t'exprimer toute ma reconnaissance et ma gratitude pour tout ce que tu as fait pour nous et pour notre réussite.

Toi ma mère, pour ton attention, ta présence et ton soutien moral, tu m'as entourée d'amour et d'affection pendant cette période et durant toute ma vie. Je ne te remercierai jamais assez ma petite maman, tu es une mère exceptionnelle remplie de tendresse et de joie de vivre, toujours prête à tout pour voir ses enfants épanouis.

Ma réussite vous est entièrement dédiée.

Vous mes chers frères,

Dada Ahmed et Dada Salim, mes grands frères jumeaux, à qui je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance pour les sacrifices que vous avez fait pour nous soutenir dans chaque pas que nous franchissons moi et mes frères et pour nous avoir aidé à nous émanciper dans nos vies. Pour tout l'amour et l'attention que vous m'accordez chaque jour, vous êtes ma fierté.

Dada Ali, mon bras droit, mon pilier, celui qui m'accompagne et me soutient dans tout ce que j'entreprends, je t'exprime ma profonde estime pour l'aide et les encouragements que tu m'as apporté, sans toi, certaines de mes ambitions ne se seraient jamais réalisées. Merci d'être toujours là pour moi.

Dada Kocela, mon exemple de réussite, celui qui a toujours su trouver les bons mots pour me remonter le moral. Tu m'as appris à voir les choses différemment et à les valoriser, à toujours voir le verre à moitié plein et de ne considérer aucune défaite comme un échec. Grâce à toi et rien que pour toi je n'abandonnerai jamais mes ambitions. Merci de croire en moi.

A vous, mes chères belles-sœurs Katia et Lidia, que je considère comme mes grandes sœurs, je vous exprime ma profonde reconnaissance envers toute l'attention et le soutien que vous m'apportez.

Spéciale dédicace à mon neveu, mon petit prince Alès, à qui je souhaite la bienvenue dans notre famille, tu es mon petit rayon de soleil, je t'aime fort.

L'union de notre famille fait notre force, je vous aime jusqu'à l'au-delà et bien plus encore !

A mes chers oncles et tantes, cousins, cousines paternels et maternels, je vous exprime toute ma gratitude pour les encouragements que vous me transmettez.

A mes amis Djoudjou, Sara, Soraya, Sarah, Ouardia, Ahmed, Syphax, Ziko, Sonia et Souad pour votre soutien, encouragements et conseils durant la réalisation de mon mémoire et pour la bonne humeur que vous m'apportez, je vous serais éternellement reconnaissante. Je vous souhaite un avenir fructueux et ambitieux car vous le méritez amplement ! Dedicace à ma promotion Protection des écosystèmes, je suis fière de chacun d'entre vous, YES, WE DID

IT !

Katia.

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	01
Chapitre I : Environnement et développement durable dans le monde et en Algérie.	
1- Historiques des aires protégées dans le monde et en Algérie	03
1-1- Les aires protégées dans le monde	03
1-2- Les aires protégées en Algérie	04
2- Environnement et développement durable dans le monde et en Algérie	04
2-1- Concept et historique du Développement durable	05
2-1-1- Prise de conscience environnementale.....	06
2-2- L'environnement en Algérie.....	09
2-2-1- Cadre institutionnel.....	09
2-2-2- Cadre réglementaire.....	10
2-2-3- Les autres lois relatives à la protection de l'environnement en Algérie.....	11
2-2-4- Les conventions, accords et protocoles internationaux sur la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable signés par l'Algérie	11
Chapitre II : La dégradation des écosystèmes : causes anthropiques et importance du sol.	
Partie I : Les causes majeures de dégradation des écosystèmes par les activités anthropiques	
1- L'industrie.....	13
2- La technologie	13
3- L'agriculture intensive.....	14
4- L'élevage intensif.....	14
5- La pêche intensive	15
6- Chasse intensive	15
7- Les différentes pollutions	16
7-1- Pollution atmosphérique	17
7-2- Pollution de l'eau	17
7-3- Pollution du sol	18
8- Fragmentation des milieux.....	18
9- Tourisme de masse.....	19
Partie II : Le rôle du sol dans un écosystème.....	20

1-	Sol	20
1-1-	Constituants du sol	20
1-2-	Fonctions du sol	20
1-3-	Les services écosystémiques du sol	22
1-4-	Composante biologique du sol.....	22
1-4-1-	La faune du sol et ses rôles dans l'écosystème	22
2-	Caractéristiques d'un sol anthropisé	24

Chapitre III : Présentation du site d'étude

Partie I :	Situation géographique du Parc National du Djurdjura (PND)	26
1-	Description du site d'étude (Secteur de Tikjda).....	27
1-1-	Situation géographique	27
2-	Cadre physique	28
2-1-	Géologie	28
2-2-	Pédologie	28
2-3-	Climat et bioclimat	29
2-4-1-	Pluviométrie	29
2-4-2-	Températures.....	29
2-4-3-	Neige	29
2-4-4-	Gèle et grêle	29
2-4-5-	Brouillard	30
2-4-6-	Vent	30
2-4-7-	Synthèse climatique.....	30
3-	Cadre biotique.....	32
3-1-	Faune	32
3-2-	Flore et végétation	33
Partie II :	Répartition et caractéristiques du Cèdre de l'Atlas	33
1-	Répartition du Cèdre de l'Atlas	33
2-	Caractéristiques du Cèdre de l'Atlas	33

Chapitre IV Matériel et méthodes

1-	Le traitement des images satellitaires.....	35
2-	Analyse de la macrofaune du sol	35
2-1-	Choix des stations	35
2-2-	Description des stations	35
2-2-1-	Station 1	35
2-2-2-	Station 2.....	36
2-2-3-	Station 3	37
2-3-	Méthode d'échantillonnage	37
2-4-	Dénombrement et identification des invertébrés	37
2-4-1-	Matériel nécessaire pour l'échantillonnage	38
2-4-2-	Identification des invertébrés	38

2-5- Calcul des indices de diversité	40
2-5-1- Indices écologiques de composition	40
2-5-1-1- Abondance relative (AR%)	40
2-5-2- Indice écologiques de structure	40
2-5-2-1- Indice de diversité de Shannon « H' »	40
2-5-2-2- Indice d'équirépartition ou d'équitabilité « E »	41
2-6- Analyse du pH du sol	41

Chapitre V Résultats et discussion

Partie I : Résultats	43
-----------------------------------	----

1-Comparaison des images satellitaires	43
---	----

2-Résultats de la prospection des 3 stations prises en considération pour l'étude le macrofaune	44
--	----

3- Analyse du macrofaune du sol	44
--	----

3-1- Résultats du pH des 3 stations	44
--	----

3-2- Résultats de la macrofaune du sol	45
---	----

3-2-1- Station 1	45
-------------------------------	----

3-2-2- Station 2	46
-------------------------------	----

3-2-3- Station 3	46
-------------------------------	----

Partie II : Discussion	47
-------------------------------------	----

1- Discussion de la comparaison des images satellitaires de l'occupation des sols du site Tikjda	47
---	----

2- Discussion des résultats la macrofaune du sol grâce aux indices écologiques et au pH	47
--	----

2-1- Diminution de la macrofaune en relation avec la dégradation du milieu	47
---	----

2-2- Discussion des résultats du pH	48
--	----

Conclusion	50
-------------------------	----

Annexes

Références bibliographiques

Résumé

Listes des figures

Figure 1 : Création de Parcs nationaux et réserves analogues dans le monde depuis 1827 (Monomakhoff, 1971).	03
Figure 2 : Diagramme de Venn du développement durable, à l'intersection de trois préoccupations dites « les trois piliers du développement durable »..	05
Figure 3 : Éléments de l'Empreinte écologique selon World Wide Fund for Nature (auparavant World Wildlife Fund (WWF)), et la Banque africaine de développement (2012)	12
Figure 4 : Les différents constituants du sol (Legras, 2014 <i>in</i> Lembrouk, 2019).	20
Figure 5 : Processus et services écosystémiques clés pouvant être assurés par la faune du sol (Amossé, 2014).	22
Figure 6 : Caractéristiques principales liées à la perturbation des sols urbains (Amossé, 2014)..	25
Figure 7 : Carte de situation géographique du PND (PND, 2021)..	26
Figure 8 : Carte de localisation du site de Tikjda (Parc national du Djurdjura) (PND, 2014).	27
Figure 9 : Photo de la station étudiée (Tikjda le refuge), Hami (2021).	27
Figure 10 : Carte géologique du Djurdjura (Flandrin, 1952 <i>in</i> Benmouffok, 1947)..	28
Figure 11 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) pour la station de Tikjda (Derridj, 1990).	30
Figure 12 : Climagramme d'Emberger (Quezel, 1976) avec la projection de la région de Tikjda (Derridj, 1990) ; *Tikjda.	31
Figure 13 : Photos de la station 1 (Hami, 2021)..	36
Figure 14 : Photo de la station 2 (Hami, 2021).	37
Figure 15 : Photos de la station 3 (Hami, 2021)..	38
Figure 16 : Les différentes étapes de l'identification des invertébrés.	39
Figure 17 : Séchage et tamisage du sol échantillonné.....	41
Figure 18 : Photos montrant les étapes suivies pour mesurer le pH.	42
Figure 19 : Evolution de l'occupation des sols de Tikjda (Google Earth Pro, 2021). A : en 2003 ; B : 2021.	43

Figure 20 : Photos des trois stations étudiées. A : débris de construction ; B : effluents au pied d'un arbre dépérit ; C et D : sujets d'arbre dépéris ; E, F et G : eaux usées issues de l'hôtel Tikjda (Hami, 2021).....	45
Figure21 : Variation du pH selon les niveaux de profondeurs de chaque station.	45
Figure 22: Richesse spécifique et abondance des macro-invertébrés du sol de la station 1.	46
Figure 23 : Richesse spécifique et abondance des macro-invertébrés du sol de la station 2.	46
Figure 24: Richesse spécifique et abondance des macro-invertébrés du sol de la station 3.	47

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les Parcs nationaux en Algérie (Annexe 1).

Tableau 2 : Les réserves naturelles en Algérie (Annexe 1).

Tableau 3 : Les zones humides en Algérie d'Importance Internationale (Sites Ramsar) (Annexe 1)

Tableau 4 : Quelques conventions, accords et protocoles internationaux adoptés par l'Algérie relatifs la protection de l'environnement : (tiré du site de l'UNESCO, journal national, IUCN). (Annexe 2)

Tableau 5 : Les différents types de services écosystémiques (d'après Étude & Documents n°20, Mai 2010, Commissariat Général au Développement Durable).....22

Tableau 6: Exemple de contributions possibles de la part des invertébrés du sol pour la fourniture de services écosystémiques (adapté à partir de Lavelle *et al.* 2006 *in* Amossé, 2014).....23

Tableau 7 : estimation de la pluviosité mensuelle pour Tikjda (Annexe 3)

Tableau 8 : températures moyennes mensuelles de Tikjda (Annexe 3)

Tableau 9 : Mesure du pH de la station 1. (Annexe 4).

Tableau 10 : Mesure du pH de la station 2. (Annexe 4).

Tableau 11 : Mesure du pH de la station 3. (Annexe 4)

Tableau 12 : Indices écologiques de composition (Abondance relative (AR%)) dans la station 1. (Annexe 5).

Tableau 13 : Indices de structure dans la litière (Lt) de la station 1. (Annexe 5).

Tableau 14 : Indices de structure dans le niveau (N1) de la station 1. (Annexe 5).

Tableau 15 : Indices de structure dans le niveau (N2) de la station 1. (Annexe 5).

Tableau 16 : Indices de structure globaux de la station 1. (Annexe 5).

Tableau 17 : Indices écologiques de composition (Abondance relative (AR%)) dans la station 2. (Annexe 5).

Tableau 18 : Indices de structure dans la litière (Lt) de la station 2. (Annexe 5).

Tableau 19 : Indices de structure dans le niveau (N1) de la station 2 (Annexe 5).

Tableau 20 : Indices de structure dans le niveau (N2) de la station 2. (Annexe 5).

Tableau 21 : Indices de structure globaux de la station 2. (Annexe 5).

Tableau 22 : Indices écologiques de composition (Abondance relative (AR%)) dans la station 3. (Annexe 5).

Tableau 23: Indices de structure dans la litière (Lt) de la station 3. (Annexe 5).

Tableau 24 : Indices de structure dans le niveau (N1) de la station 3. (Annexe 5).

Tableau 25 : Indices de structure dans le niveau (N2) de la station 3. (Annexe 5).

Tableau 26 : Indices de structure globaux de la station 3. (Annexe 5).

Liste des abréviations.

ANCC : Agence Nationale des Changements climatiques.

ANN : Agence Nationale pour la Protection de la Nature.

AR % : Abondance relative.

Art. : Article.

BRGM : Bureau des Recherches Géologiques et Minières.

CCNUCC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.

CDB : Convention sur la Diversité Biologique.

CH₄ : Méthane

CITES : Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction.

CLD : Convention des Nations unies sur la Lutte contre la Désertification.

CMED : Commission mondiale sur l'environnement et le développement

CNDRB : Centre National de Développement des Ressources Biologiques

CNL : Commissariat National du Littoral

CNTPP : Centre National de Technologies Plus Propres

CNUED : La conférence des Nations unies sur l'Environnement et le Développement.

CO : Oxyde de carbone.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

CO₃²⁻ : Carbonate (ion).

COP : Conférences des Parties

COV : Composés Organiques Volatiles.

DD : Développement durable

DGF : Direction Générales des Forêts,

E : Indice d'équitabilité

EFESE : Evaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques.

Ex : Exemple

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

H : Hydrogène.

H' : Indice de diversité (Shannon).

Ha : Hectare

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques.

HCDS : Haut Commissariat au Développement de la Steppe.

Hmax : diversité théorique.

IBT : théorie de la biogéographie insulaire.

Ind. : Individu.

IPBES : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques.

JO : Journal officiel.

Km : Kilomètre.

Log2 : Logarithme à base de 2.

Lt :Litière.

m : Mètre.

m² : Mètre carré.

MAB : Programme sur l'homme et la biosphère.

MEA : Millenium Ecosytem Assesment.

MEL : Métropole Européenne de Lille.

mm : Millimètre.

MO : Matière organique.

N :Nombre total d'individus dénombrés, toute espèce confondue.

N1 : Niveau 1.

N₂ : Diazote.

N2 : Niveau 2.

N₂O : Protoxyde d'azote.

ni : Effectif de chaque espèce dans l'échantillon.

n_i : Nombre d'individus pour l'espèce *i* et **N** est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

NO₂ : Dioxyde d'azote.

O₂ : Oxygène.

ODD : Objectifs du Développement Durable.

OH⁻ : Hydroxyde (ion).

OMD : Objectifs du Millénaire pour le développement.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

OMT : Organisation mondiale du tourisme.

ONEDD : Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable.

ONG : Organisation non Gouvernementale.

ONU : Organisation des Nations Unies.

PAN : Polyacrylonitrile.

PCB : Polychlorobiphényles.

pH : potentiel hydrogène.

pi : abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce.

PND : Parc national du Djurdjura.

PNUE : Programme des Nations Unies sur l'Environnement

Prés. : Présidentiel

S : Richesse Spécifique.

S : Richesse totale

s : seconde.

SMDD : Sommet Mondial sur le Développement Durable.

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature.

UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

Unicef : Fonds des Nations unies pour l'enfance.

WCMC: World Conservation Monitoring Center.

WDPA : Base de données mondiale sur les aires protégées.

WWF : World Wide Fund for Nature.

“Une société qui survit en créant des besoins artificiels pour produire efficacement des biens de consommation inutiles ne paraît pas susceptible de répondre à long terme aux défis posés par la dégradation de notre environnement.” Pierre Joliot.

Aujourd’hui, nous faisons face à une époque de profondes transformations environnementales, à une échelle et une célérité que la majorité d’entre nous n’avaient anticipées. Les avancées industrielles et technologiques connaissent un essor exponentiel, mais ces opportunités ne vont pas sans responsabilités considérables sur l’environnement (Leonhard, 2016). Depuis la conférence des Nations Unies sur l’environnement, organisée en 1972 à Stockholm, la prise de conscience sur les problèmes écologiques de la planète a pris une dimension mondiale. L’émergence de lois et de réglementations à l’intention de la gestion de l’environnement et du développement durable ainsi que d’innombrables mouvements et d’ONG écologiques ont vu le jour afin de faire face aux enjeux environnementaux qu’engendrent les activités anthropiques (Vivien, 1994).

Néanmoins, l’évolution des sociétés modernes continue d’exercer une pression importante sur l’environnement en accentuant les changements globaux tels que la pollution, le réchauffement climatique, l’épuisement des ressources naturelles ou encore l’exploitation irrationnelle des terres, provoquant des phénomènes d’érosion et de déséquilibre écologique, notamment, la perte d’habitat et les perturbations des réseaux trophiques. Cela a pour effet, des répercussions dramatiques, particulièrement sur la biodiversité, agissant sur le maintien des processus écosystémiques et le bon fonctionnement des écosystèmes (Vitousek et al. 1997 ; Duffy, 2003 ; Mantyka-pringle et al. 2011).

A l’heure actuelle, l’évolution d’un certain nombre de parcs nationaux devient intéressante en raison de la place qu’occupe la dimension anthropique (Jiménez, 2016). En effet, certains cas particuliers d’aires protégées se voient confrontées à une gestion de la biodiversité dans des contextes forts anthropisés (Jiménez, 2016). Cette particularité constitue un paradoxe qui donne place à l’émergence de parcs nationaux à caractère « hybride » (homme/nature/développement) où la gestion est intimement liée aux dimensions économiques et culturelles (Jiménez, 2016).

Le Parc National du Djurdjura (PND) réputé pour être classé comme le 3^{ème} hotspot (point chaud) de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Véla et Benhouhou, 2007), a connu dès les années 2000, d’importants changements liés à plusieurs facteurs, dont l’anthropisation rapide de Tikjda. Cela s’est traduit par l’installation d’édifices hôteliers, d’un centre de loisirs et des sports, de parcs récréatifs et d’aires de stationnement reliées par des routes goudronnées, donnant un aspect touristique qui attire un flux important de visiteurs durant tous les mois de l’année.

Concrètement, ces infrastructures sont perçues comme une agression sur le fonctionnement des écosystèmes, car cela peut provoquer une fragmentation des habitats. La connectivité entre les espèces et leur cycle de vie sont perturbés ; ce qui conduit à la perte d’un bon nombre d’espèces potentiellement endémiques (Paillat et Butet, 1994).

Dans ce travail, le Parc National du Djurdjura (PND), particulièrement le secteur de Tikjda (le refuge) nous a paru constituer un objet d'étude intéressant capable d'illustrer l'impact de l'intégration progressive de la dimension anthropique sur le fonctionnement des écosystèmes au sein de ce territoire naturel de conservation.

Afin de mettre en évidence l'impact de cette anthropisation, et pour mieux saisir les problèmes de l'occupation des sols et leurs évolutions, la présente étude s'est fixé pour objectif de comparer l'occupation des terres du territoire étudié de façon à estimer les changements qu'a subit le milieu entre deux périodes (2003 et 2021) et en s'intéressant à l'étude d'un compartiment fondamental de l'écosystème forestier du site d'étude : le sol.

En effet, le sol est considéré comme l'élément indispensable de base de tout organisme qui y vit. Il constitue une structure biologique, physique et chimique complexe en tant qu'interface entre de nombreux cycles biogéochimiques. Il sert entre autre de lieu d'échanges pour l'eau, les éléments nutritifs et les polluants qui ont un impact direct sur la biodiversité (Baize et Jabiol, 1995), notamment sur la pédofaune qui remplit, au sein des écosystèmes, des fonctions essentielles pour le maintien de la qualité des sols (Giller, 1996). Effectivement, l'abondance et la diversité, élevée ou faible, de la pédofaune peuvent refléter les différences de fonctionnement du sol, en fonction de la sensibilité des invertébrés vis-à-vis des caractéristiques du milieu et indique l'équilibre ou le déséquilibre des écosystèmes (Ponge, 2000).

Dans le cadre de ce travail réparti en cinq chapitres, il était nécessaire d'aborder dans le premier chapitre, l'historique de l'apparition des notions et concepts d'aires protégées, d'environnement et développement durable dans le monde et en Algérie dans un contexte législatif et réglementaire relatif à la protection de l'environnement. Le deuxième chapitre est consacré à la mise en évidence des causes majeures de dégradation des écosystèmes par les activités anthropiques, et l'importance du compartiment sol dans le fonctionnement des écosystèmes. Le troisième chapitre est consacré à la présentation de la zone étudiée. Le quatrième chapitre aborde la méthodologie de travail adoptée pour la réalisation d'un dénombrement de la macrofaune du sol de 3 différentes stations dont deux sont dégradées par l'activité anthropique et une est considérée comme la station saine référence est réalisé. Dans le cinquième chapitre, présentera les résultats obtenus et discussions de l'étude réalisée suivis d'une conclusion.

1- Historiques des aires protégées dans le monde et en Algérie

1-1- Les aires protégées dans le monde

Les parcs nationaux ont toujours été considérés comme les dispositifs fondamentaux de gestion des aires protégées essentielles pour la conservation, notamment pour empêcher l'extinction d'espèces et garantir l'équilibre écosystémique. Ils ont constitué au milieu du XXe siècle le prototype des mesures de protection que tous les pays du globe ont progressivement adoptées, avant d'être associés à des formes plus variées de territoires de conservation (Millian et Rodary, 2008). La croissance des aires protégées, comme illustré dans la (Figure 1), continue à tenir une position particulière en termes de protection des écosystèmes et de la biodiversité

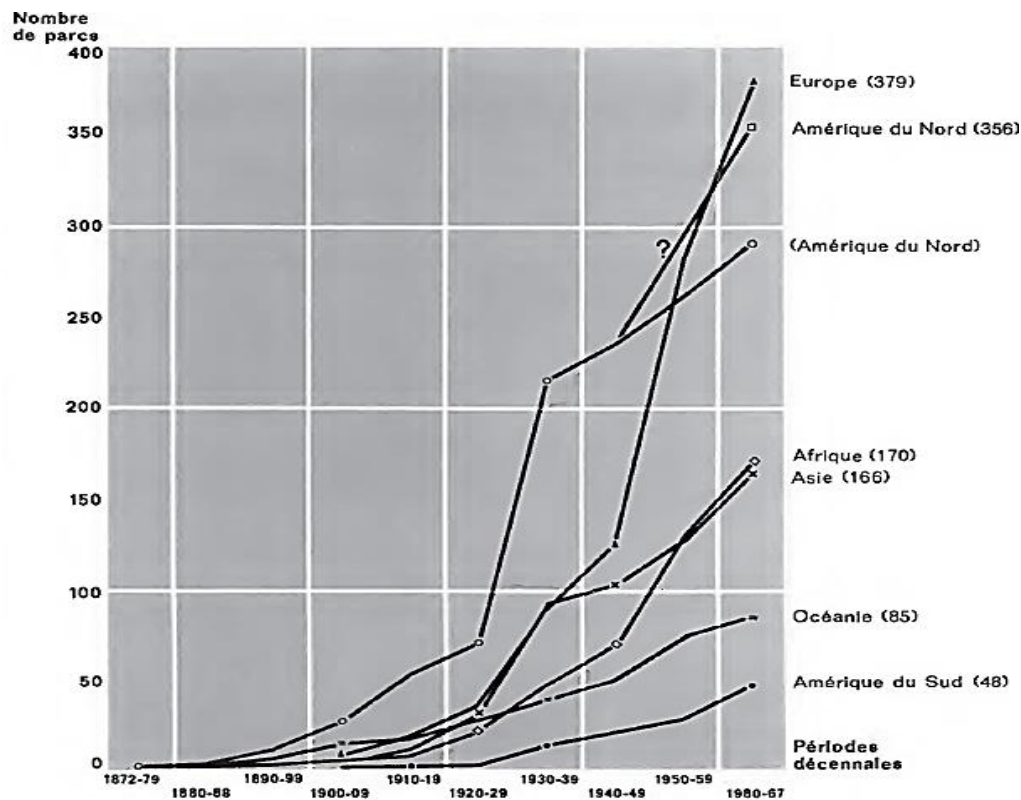


Figure 1 : Création de Parcs nationaux et réserves analogues dans le monde depuis 1827 (Monomakhoff, 1971).

En effet, le premier parc national dans le monde a été créé en 1872 aux Etats-Unis sous le nom de « **Yellowstone** ». Son objectif visait à assurer la conservation et la valorisation de la diversité biologique et l'intégrité écologique des écosystèmes d'une partie du territoire américain, puis, il a fallu attendre l'année 1883 pour voir créer trois nouveaux parcs nationaux, en Asie, au Canada puis en Australie (Monomakhoff, 1971).

En revanche, les premiers parcs nationaux en Afrique, ont été créés en 1897 dont Umfolozi Game Reserve, St Lucia Game Reserve, Hluhluwe Game Reserve en Afrique du Sud (Monomakhoff, 1971).

L'accroissement du rythme de création de parcs nationaux est régulier depuis 1925. En Europe, c'est en 1909 que les premiers parcs nationaux ont vu le jour, notamment, les parcs nationaux de Sarek, Stora Sjöfallet, Peljekaise, Abisko, Sonfjället et GotskaSandon en Suède. Ainsi, l'Europe connaît une accélération de création de parcs nationaux à partir des années 1950. En 1971, 1204 parcs nationaux sont répartis entre 95 états couvrant 92 millions d'hectares, soit l'équivalent de 6 hectares sur 1 000 en moyenne du territoire mondial sont protégés par un classement en parc national (Monomakhoff, 1971).

La base de données mondiale sur les aires protégées World Database on Protected Areas (WDPA) (gérée par le World Conservation Monitoring Center (WCMC) en partenariat avec l'UICN au sein du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE)) qui constitue la seule compilation internationale à vocation exhaustive sur les aires protégées (Millian et Rodary, 2008) révèle dans la version de juin 2021 un nombre total d'enregistrements d'aires protégées de 265 919, couvrant 245 pays et territoires.

1-2- Les aires protégées en Algérie

L'Algérie abrite une biodiversité importante qui constitue une entité écologique exceptionnelle dans la biosphère. Elle possède des aires protégées de divers écosystèmes (de types méditerranéens, steppiques et sahariens) (Annexe 1) :

- 11 Parcs Nationaux sont conçus afin de conserver les écosystèmes uniques qu'elle abrite, dont ceux qui sont inscrits comme réserves de la Biosphère UNESCO-MAB (Le Parc National de Chréa, le Parc National d'El Kala, le Parc National de Djurdjura, le Parc National du Tassili, le Parc National de Gouraya et le Parc National de Taza);
- 5 Réserves Naturelles dont celles qui sont inscrites comme aires spécialement protégées d'intérêt méditerranéen, selon la convention de Barcelone (La réserve marine du Banc des Kabyles (Wilaya de Jijel) et la réserve marine des Iles Habibas (Wilaya d'Oran);
- 50 zones humides d'importance internationale (Sites Ramsar).

2- Environnement et développement durable dans le monde et en Algérie

La dégradation de l'environnement est étroitement liée à l'accroissement démographique et au développement accru des industries et infrastructures polluantes générant des contaminants de toute forme, par conséquent, l'environnement subit des modifications fréquentes (déclin de la biodiversité, pollutions, émissions de gaz à effet de serre, érosion des sols, changements globaux...) résultat d'un important déséquilibre écologique. Il était alors impératif pour les scientifiques et chercheurs de tirer la sonnette d'alarme pour préserver les écosystèmes, fixer des principes fondamentaux et des règles de gestion environnementale afin d'œuvrer pour un développement durable et garantir un cadre de vie sain.

La conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement (CNUED) en 1992 constitue un point d'inflexion dans la prise de conscience universelle sur les dangers qui

menacent l'humanité liés intrinsèquement aux activités anthropiques non durables et à la consommation irrationnelle des énergies fossiles.

2-1- Concept et historique du Développement durable

La définition du « développement durable » la plus connue est celle qui figure dans le Rapport de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (CMED, 1987), de l'Organisation des Nations Unies « Notre avenir à Tous » ou « Rapport de Brundtland » : « *le développement durable, est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* » (Gro Harlem Brundtland, 1987).

Le développement durable intègre trois dimensions appelées les « piliers du développement durable » :

- **L'équité sociale** : c'est la capacité à assurer le bien-être de tous les individus tout en réduisant les inégalités entre eux. Ce bien-être se traduit par la possibilité de chaque individu à accéder, quel que soit son niveau de vie, à l'alimentation, la sécurité, la santé, l'emploi, l'éducation, etc. ;
- **L'efficacité économique** : consiste à créer de la richesse économique (biens et services) qui améliore les conditions de vie de tous et sur le long terme ;
- **La qualité environnementale** : est assurée en préservant les ressources naturelles (faune, flore, eau, air et sol) à long terme, en maintenant les grands équilibres écologiques et en limitant les impacts environnementaux.

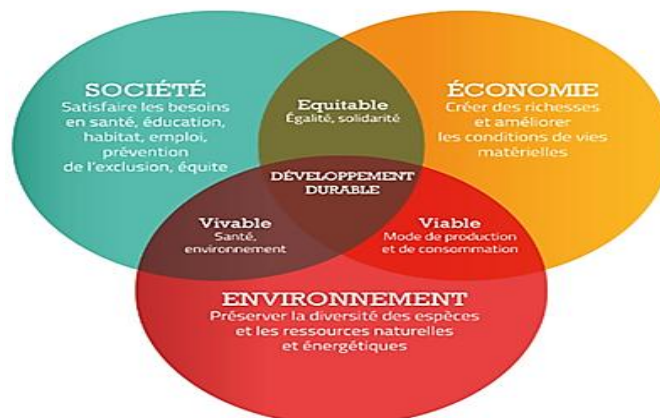


Figure 2 : Diagramme de Venn du développement durable, à l'intersection de trois préoccupations dites « les trois piliers du développement durable »

Selon Guerchouh (2020), des trois piliers du développement durable découlent une série d'objectifs qui sont :

- La préservation de l'environnement naturel en utilisant les ressources naturelles de façon rationnelle, en protégeant la biodiversité, en évitant les émissions des gaz à effet de serre pour lutter contre le changement climatique et en gérant et valorisant les déchets ;
- Assurer l'équité et la cohésion sociales, notamment en luttant contre l'exclusion et les discriminations, en favorisant la solidarité par le développement des relations avec des

acteurs spécifiques (collectivités, associations, fournisseurs...), locaux ou internationaux, en contribuant au développement du bien-être social et l'épanouissement de la population, et en valorisant le potentiel matériel et immatériel local ou territorial ;

- L'efficacité et l'efficacité économiques, par la promotion d'une économie écologiquement et socialement responsable et en conciliant entre la viabilité d'un investissement et la protection de l'environnement.

Pour parvenir à la réalisation de ces objectifs, on s'appuie sur quatre principes fondamentaux (Guerchouh, 2020):

- Principe de solidarité ;
- Principe de précaution ;
- Principe de participation ;
- Principe du pollueur-payeur.

2-1-1- Prise de conscience environnementale

L'idée de la durabilité commence à naître au cours des dernières décennies du XXe siècle, quand l'homme s'est rendu compte que la planète fait face à des problèmes qui prennent une grande ampleur. Dès les années soixante, les scientifiques tirent la sonnette d'alarme et dénoncent les actions anthropiques sur la nature, et la prise de conscience évolue à travers les années et à travers les rassemblements internationaux sur la question environnementale (Bartenstein, 2005). Ci-dessous une liste non-exhaustive des grandes dates qui ont marqué les politiques environnementales dans le monde :

• Le Club de Rome en 1972

C'est un groupe de réflexion réunissant des scientifiques, économistes et universitaires, ayant publié un rapport intitulé « **The Limits of Growth** » ou « **Les Limites de la Croissance** » en 1972 qui annonce les désillusions entre le développement économique et l'évolution de l'environnement arrivant à des conclusions de dégradation de ce dernier engendrée par les activités humaines et est aujourd'hui considéré comme une pierre angulaire des recherches liées au développement durable (Mien, 2020).

• La Conférence de Stockholm en 1972

Connue aussi sous le nom de la « **Conférence des Nations Unies pour l'Environnement** », elle s'est tenue à Stockholm en Suède, du 6 au 15 juin 1972. Elle est la première conférence mondiale sur l'environnement réunissant les dirigeants de tous les pays membres de l'**Organisation des Nations Unies (ONU)**. Cette conférence donne naissance au « **Programme des Nations Unies sur l'Environnement (PNUE)** » qui a pour objectif la surveillance et la sauvegarde de l'environnement et permettra de placer les questions écologiques au rang de préoccupations internationales notamment l'impact de l'industrialisation sur l'équilibre planétaire (Perreau et *al.*, 2021).

Après cette conférence, il s'en est suivi une succession de rencontres appelés « **Sommets de la terre** » œuvrant dans la conception de solutions adaptées dans le cadre du **Développement Durable** à l'échelle universelle.

- **La Conférence de Rio en 1992**

Selon Barthod (1993) la **Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED)**, communément appelé la **Conférence de Rio** ou **Sommet Planète Terre de Rio** s'est tenue à Rio De Janeiro (Brésil) en juin 1992. Au terme de cette conférence, des engagements ont été tenus :

- Le programme « **Agenda 21** », qui comprend environ 2 500 recommandations visant à fixer les lignes de progrès que l'humanité devrait adopter en 21^e siècle afin de maintenir un développement économique et social dans un environnement vivable ;
- La « **Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement** », qui contient 27 principes visant à fixer les actions à entreprendre pour assurer une meilleure gestion de l'environnement ;
- La déclaration sur les principes de la gestion des forêts ;
- La signature de trois principales conventions :
 1. La Convention sur la Diversité Biologique (CDB) ;
 2. La Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), qui a abouti, en 1997, à la signature du protocole de Kyoto ;
 3. La Convention des Nations unies sur la Lutte contre la Désertification (CLD).

- **Protocole de Kyoto en 1997**

Le protocole de Kyoto a été signé le 11 décembre 1997. Ce protocole avait réuni 38 pays industrialisés à Kyoto et se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropiques d'au moins 5% dans la période 2008-2012, par rapport aux niveaux enregistrés en 1990 (Demaze, 2009).

- **Le Sommet du Millénaire, 2000**

Le Sommet du Millénaire s'est tenu, au siège de l'ONU à New York du 6 au 8 septembre 2000, qui a réuni 189 pays et qui a été conclu par l'adoption de « **La Déclaration du Millénaire** », signée en l'an 2000 et où il a été fixé que 2015 comme date butoir pour la réalisation de la plupart des Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD), notamment assurer un environnement durable (Unicef, 2016).

- **Le Sommet de la terre de Johannesburg en 2002**

Ce sommet, aussi appelé **Le Sommet Mondial sur le Développement Durable (SMDD)**, s'est tenu du 26 au 4 septembre 2002, à Johannesburg en Afrique du Sud. Il visait à faire le point sur les engagements fixés au Sommet Planète Terre de Rio et d'œuvrer afin de réaliser les objectifs énoncés dans l'agenda 21 et ainsi aller vers un développement durable (Aubertin, 2002).

- **Le Sommet de Rio +20 en 2012**

Vingt ans après le Sommet de Rio en 1992, le Sommet de Rio +20, appelé officiellement la **Conférence des Nations Unies sur le Développement Durable (CNUDD)**, a eu lieu du 20 au 22 juin en 2012 à Rio de Janeiro (Brésil). La conférence a réuni 45 000 participants issus de 188 pays.

L'objectif de ce sommet a été inscrit dans un document intitulé « **l'avenir que nous voulons** » et il visait à revoir et renouveler les engagements tenus dans les sommets précédents, notamment celui de Rio 1992 et de promouvoir un avenir soutenable en adoptant le Cadre Institutionnel du Développement Durable tout en établissant une **économie verte** ou encore en prenant des décisions dans certains domaines (énergie, sécurité alimentaire, etc.). Ainsi, les **Objectifs du Développement Durable (ODD)** suivent les **Objectif du Millénaire pour le Développement (OMD)**.

- **Le Sommet des Nations Unies sur le Développement Durable en 2015**

Le sommet s'est tenu du 25 au 27 septembre 2015, à New York, afin d'adopter le nouveau programme, intitulé « **Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030** » a été accepté par 193 pays membre de l'ONU. Il contient une déclaration, 17 objectifs de développement durable et 169 cibles.

- **Conférences des Parties (COP)**

Plusieurs Conférences des Parties (COP, Conférences Of Parties) ont été tenues chaque année après la conférence de Rio, dans lesquelles les pays ayant signé la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) se réunissent pour trouver des solutions concrètes afin de réduire les émissions des gaz à effet de serre et de lutter contre les changements climatiques.

En 1995 a eu lieu la première COP (COP1) à Berlin en (Allemagne), la seconde (COP2) en 1996 à Genève (Suisse) et en 1997 a eu lieu la troisième COP (COP3) à Kyoto, Japon qui s'est conclue par la signature du « **Protocole de Kyoto** » visant à réduire les émissions des gaz à effet de serre de 5,2% d'ici à 2020 en se servant de l'année 1990 comme référence.

En 2015, 21ème COP (COP21) à Paris (France) a donné naissance à un accord international sur le climat validé par les 195 pays participants intitulé « **les Accords de Paris sur le Climat** » et est considéré comme étant l'accord historique marquant le début de la prise de conscience sur les changements climatiques en proposant des mesures visant à limiter et ralentir ce phénomène en encourageant les communautés internationales à réduire le réchauffement climatique au-dessous de +2°C, voire le limiter à 1,5°C.

En 2019 s'est tenue à Madrid (Espagne) la 25ème COP (COP25) dont objectif était de convaincre les États à prendre de nouveaux engagements plus ambitieux avant 2020 et de prendre des mesures pour respecter les objectifs de l'accord de Paris.

La COP26 s'est tenue en novembre 2021 à Glasgow (Royaume-Uni), selon l'ONG Greenpeace (2021). Les résultats de cette dernière annoncent que les pays réunis ont adopté un accord qui vise à accélérer et lutter pour le maintien des engagements prévus dans l'accord de Paris notamment pour réduire les émissions de gaz à effets de serre et le réchauffement planétaire, mais tout cela sans garantir d'assurer l'objectif de le maintenir à +1,5°C. Une conférence des parties qui est décrite comme décevante et qui suscite beaucoup de critiques.

2-2- L'environnement en Algérie

2-2-1- Cadre institutionnel

Le **Ministère de l'Environnement** et le **Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural** (chargé de la protection et la gestion des forêts, des steppes et de la nature, constitué de Direction Générales des Forêts (DGF), le Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) et de l'Agence Nationale pour la Protection de la Nature (ANN)), sont les deux ministères dont dispose l'Algérie pour la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

L'Algérie dispose également de services extérieurs dépendant du ministère de l'environnement (les directions de l'environnement au niveau de chaque Wilaya et les Maisons de l'Environnement) et d'organismes sous-tutelle du même ministère, énumérés ci-dessous, chargés de la protection et la préservation de l'environnement dans plusieurs secteurs :

- Agence Nationale des Déchets (AND) ;
- Conservatoire Nationale des Formations en Environnements (CNFE) ;
- Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD) ;
- Centre National de Technologies Plus Propres (CNTPP) ;
- Commissariat National du Littoral (CNL) ;
- Agence Nationale des Changements climatiques (ANCC) ;
- Centre National de Développement des Ressources Biologiques (CNDRB) ;

2-2-2- Cadre réglementaire

Malgré un accroissement effréné de la dégradation de la nature qui touche particulièrement l'Algérie, la démarche de prise de conscience a conduit à la promulgation de nombreux textes réglementaires relatifs à la protection de l'environnement et ses composantes.

L'Algérie est parmi les pays de l'Afrique du Nord les plus actifs en termes de législation environnementale, notamment avec l'apparition de la **loi n°03-10** relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable qui a été adoptée pour compléter la **loi n°83-03** relative à la protection de l'environnement. Les deux lois s'appuient sur les principes du nouveau droit de l'environnement adoptés au niveau international, dont :

- Le principe de préservation de la diversité biologique ;

- Le principe de non dégradation des ressources naturelles ;
- Le principe d'action préventive et de correction par priorité à la source ;
- Le principe de précaution ;
- Le principe du pollueur-payeur.

La loi n°03-10 précise particulièrement les définitions relatives à l'environnement, au développement durable, à la pollution ainsi qu'aux espaces naturels et aires protégées. Elle détaille les instruments de gestion de l'environnement en décrivant (Journal officiel, 2003):

- L'information environnementale ;
- La définition des normes environnementales ;
- La planification des actions environnementales ;
- Le système d'évaluation des incidences environnementales des projets de développement notamment de l'étude d'impact ;
- Les régimes juridiques particuliers y est énoncée la liste des aires protégées et une précision sur les mesures et les modalités à respecter pour chaque aire protégée dans l'article ci-dessous :

Art. 31. —« Les aires protégées comprennent :

- les réserves naturelles intégrales ;
- les parcs nationaux ;
- les monuments naturels ;
- les aires de gestion des habitats ou des espèces ;
- les paysages terrestres ou marins protégés ;
- les aires protégées de ressources naturelles gérées ».

- L'intervention des individus et des associations en matière de protection de l'environnement.

Elle précise également des prescriptions de protection environnementales, des prescriptions de protection contre les nuisances et des dispositions pénales. Parmi ces prescriptions, nous citons :

- Des prescriptions de protection relatives à la diversité biologique ;
- Des prescriptions de protection de l'air et de l'atmosphère ;
- Prescriptions pour la protection de l'eau et des milieux aquatiques, la terre et du sous-sol, des milieux désertiques et du cadre de la vie ;
- Prescriptions pour la protection contre les substances chimiques ;
- Prescriptions pour la protection contre les nuisances acoustiques, etc. ;
- Des sanctions (amendes et emprisonnement) relatives à la protection de la diversité biologique, des aires protégées, de l'air et de l'atmosphère, de l'eau et des milieux aquatiques, contre les nuisances et les établissements (usines, installations, etc.) générant des incidences négatives sur l'environnement, les biens et le bien-être.

2-2-3- Les autres lois relatives à la protection de l'environnement en Algérie

Ci-dessous, quelques lois relatives à la protection de l'environnement (Journal officiel) :

- La loi n°01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets ;
- La loi n°01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire ;
- La loi n°02-02 du 05 février 2002 relative au littoral ;
- La loi n°07-06 du 13 mai 2007 sur les espaces verts ;
- Loi n°11-02 du 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable.

2-2-4- Les conventions, accords et protocoles internationaux sur la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable signés par l'Algérie

Après l'indépendance (dans les années quatre-vingt), l'Etat Algérien a donné une importance significative au secteur environnemental en ratifiant des conventions, accords et protocoles internationaux (Annexe 2) notamment avec sa participation à la conférence des Nations Unies sur l'Environnement de Rio de Janeiro en 1992.

En 1993, l'Algérie avait ratifié la Convention-Cadre des Nation Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) en 1995, la Convention des Nations Unies pour la lutte contre la Désertification en 1996, le Protocole de Kyoto en 2004 et l'Accord de Paris sur le climat en 2016.

Partie I: Les causes majeures de dégradation des écosystèmes par les activités anthropiques

L'accroissement effréné des activités anthropiques représente une grande menace pour les écosystèmes qui nous fournissent nourriture, matériaux et énergie, nous garantissent la qualité de l'air que nous respirons et l'eau que nous buvons.

Cette pression est étroitement liée à l'augmentation de la consommation associée au rythme de la croissance démographique et de l'essor économique, par conséquent. La consommation des ressources naturelles augmente de façon irrationnelle et les impacts sur les milieux naturels s'intensifient, entraînant une dégradation des écosystèmes indispensables à l'évolution et la pérennité des êtres vivants (Kaberuka et Leape 2012).

En effet, les principales causes de perte de biodiversité, communément reconnues par la communauté scientifique, sont la fragmentation des habitats, les invasions biologiques, les pollutions de l'environnement, la surexploitation des ressources et le changement climatique (Huang et al. 2019).

L'avancée de la science et de la technologie a tout de même permis d'élaborer des outils et des techniques pour mieux comprendre les enjeux environnementaux notamment avec le développement du concept de l'empreinte écologique qui est, selon World Wide Fund for Nature (WWF), un outil de mesure qui permet de déterminer l'impact des pressions qu'exercent l'homme sur la nature en indiquant la quantité de surface terrestre bio productive nécessaire pour produire les ressources, les biens et les services qu'un individu, une population ou une activité consomme et absorber les déchets générés (Figure 3).

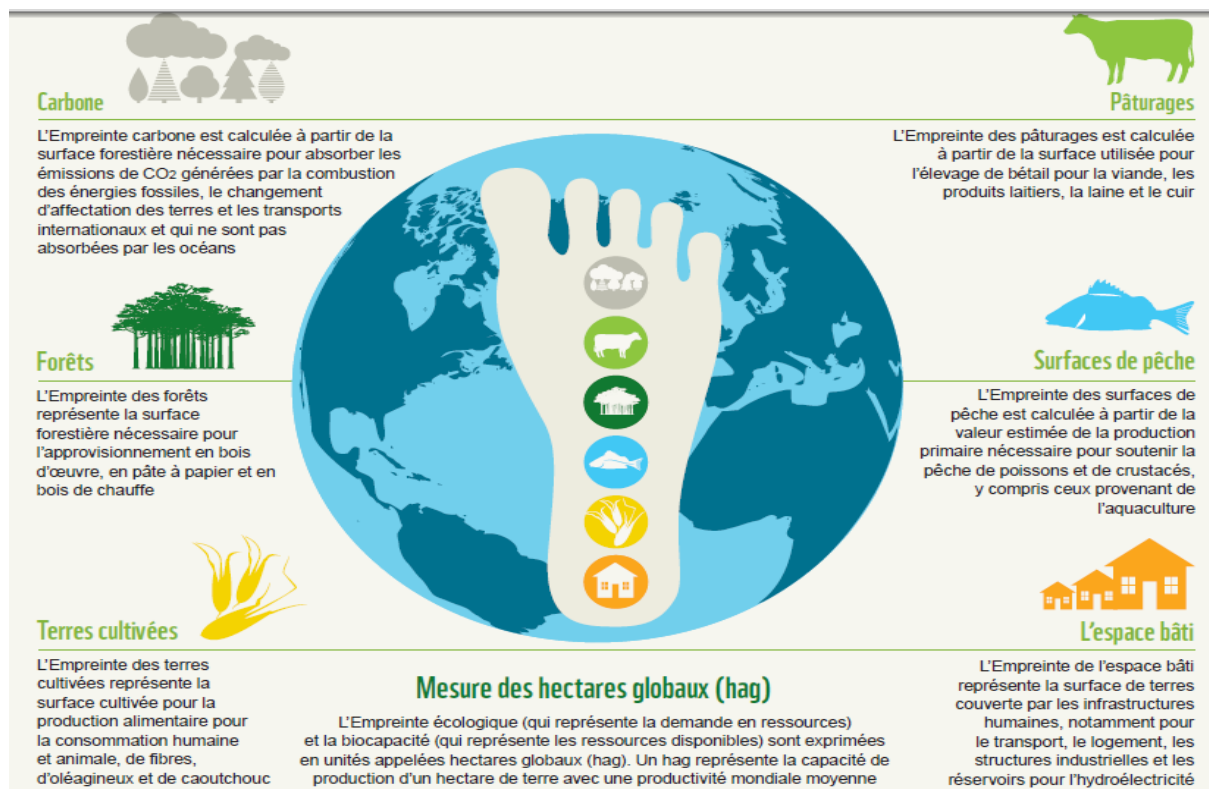


Figure 3 : Éléments de l'Empreinte écologique selon World Wide Fund for Nature (auparavant World Wildlife Fund (WWF)), et la Banque africaine de développement, (Kaberuka et Leape, 2012).

Toutefois, il est important de signaler que tout le monde ne laisse pas la même empreinte écologique, en effet, elle varie d'un pays à l'autre, d'un individu à l'autre selon le mode de vie et de consommation de tout un chacun (WWF, 2017).

Tous les ans, l'ONG Global Footprint Network calcule « le Jour du Dépassement » qui représente la date à partir de laquelle l'empreinte écologique dépasse la biocapacité de la planète, ce dépassement se traduit par la consommation irrationnelle du capital naturel que la Terre peut régénérer au cours d'une année.

Le jour du dépassement ne cesse d'avancer, mais est exceptionnellement repoussé en 2020 en raison de la crise sanitaire qu'a connue le monde (Andrieux, 2021). En 2021 (post-covid), le jour du dépassement a été enregistré le 29 juillet, presque aussi tôt qu'en 2019, et ce en raison de l'augmentation de l'empreinte carbone (+6,6 % par rapport à 2020) et la diminution de la biocapacité forestière mondiale (-0,5%) relativement lié au pic de déforestation enregistré Amazonie ces derniers mois (Andrieux, 2021). L'organisme (Global Footprint Network) estime que l'humanité aurait besoin de 1,7 planète pour supporter son mode de vie actuel.

Parmi les causes majeures de l'augmentation de l'empreinte écologique et la destruction des écosystèmes, nous citons :

1- L'industrie

La révolution industrielle marque un changement historique pour l'humanité, en contribuant au développement de l'économie et à l'amélioration de la qualité de vie. Cette révolution n'est pas sans conséquences négatives sur l'environnement.

En effet, elle a accéléré l'exploitation des ressources non renouvelables et a engendré de nombreux problèmes qui continuent de persister à travers le temps. Parmi ces problèmes, nous citons les différents types de pollutions, parfois hautement toxiques (rejets de matières en suspension thermiques ou radioactives, effluents chargés en substances chimiques toxiques, émission de gaz à effet de serre artificiel, etc.) sur les différents compartiments de la biosphère (air, eau et sol) ce qui provoque un réchauffement planétaire et le déclin de plusieurs espèces (Debieche, 2002)

2- La technologie

Le rôle de la technologie devient de plus en plus indispensable dans la vie quotidienne de l'homme, en effet, elle offre une multitude de services pour nous faciliter la vie tant professionnelle que privée. Son développement est en constante évolution et est considérée comme la base de la croissance économique.

Par ailleurs, les conséquences de la technologie sur l'environnement et les milieux naturels ne sont pas négligeables, elles sont même désastreuses. La production et l'utilisation des nouvelles technologies sont une source importante de consommation d'énergie et de ressources naturelles non-renouvelables (charbon, gaz naturel et pétrole), par conséquent, les émissions de gaz à effet de serre sont en hausse continue et les énergies fossiles ne cessent de diminuer, ce qui contribue fortement à l'augmentation du réchauffement planétaire (Buza, Mititelu et Macovei, 2021).

Selon une étude, l'Apple iPhone X, par exemple, génère près de 79 kg de CO₂ au cours de sa durée de vie, et pour pousser le client à la consommation continue du produit, le designer industriel Brook Stevens a inventé en 1957 le concept de « l'obsolescence programmée » qui vise à réduire volontairement la durée de vie d'un produit, ce qui engendre une plus grande demande du client et donc une augmentation considérable de la consommation d'énergie et une génération de déchets incontrôlable (Buza, Mititelu et Macovei, 2021).

3- L'agriculture intensive

L'agriculture contribue à l'accroissement du rendement agricole et la satisfaction des besoins alimentaires de l'humanité, mais elle se pratique de façon de plus en plus intensive. Ce qui conduit à l'apparition de pollutions et de dégradations des écosystèmes, notamment avec l'utilisation abusive d'engrais synthétiques et de produits phytosanitaires (pesticides) contenant des métaux lourds et d'autres substances chimiques.

A cela s'ajoute le tassement des sols, provoqué par le passage des engins lourds. Toutes ces pratiques modifient fortement la composition physique, chimique et biologique des sols, la qualité de l'air et des eaux. Aujourd'hui, 12% des terres du monde sont cultivées et l'agriculture à elle seule utilise 70% d'eau pour l'irrigation, ce qui représente une quantité importante pour une ressource renouvelable, certes, mais pas illimitée (FAO, 2018).

4- L'élevage intensif

Selon l'ONG Greenpeace (2017), 75% des terres agricoles dans le monde servent à élever du bétail, pour subvenir aux besoins alimentaires des populations (viandes et produits laitiers). Cette pression accrue engendre de nombreux impacts néfastes sur les écosystèmes et les déstabilise, notamment :

- La déforestation : des forêts entières responsables de la séquestration de CO₂ sont rasées pour faire des zones de pâturages pour le bétail, 63% de la déforestation en Amazonie brésilienne est due à l'élevage ;
- L'utilisation irrationnelle de l'eau et sa pollution : d'importantes ressources en eau sont utilisées pour abreuver le bétail et irriguer les pâturages. L'élevage intensif engendre également une pollution des eaux due aux rejets importants de nitrates, phosphores, antibiotiques ;
- Les émissions de gaz à effet de serre : selon les données de l'organisation mondiale des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2014), 50 % du méthane

rejeté est issu de la fermentation entérique des ruminants, du lisier/fumier, 25 % de CO₂émis est lié aux changements d'affectation des terres (principalement la déforestation pour le soja et l'extension des pâtures) et à l'utilisation d'énergies fossiles (notamment pour les tracteurs), 25 % de protoxyde d'azote (NO₂) lié aux engrais utilisés sur les cultures destinées à l'alimentation animale et lié au lisier/fumier.

- L'érosion des sols, changements climatiques, sans compter l'impact sur la santé humaine et la maltraitance animale.

5- Pêche intensive

Selon FAO (2020), près de 3,3 milliards de la population mondiale dépend aujourd'hui des ressources aquatiques pour leur alimentation.

En effet, les produits halieutiques représentent environ 20% de l'apport moyen en protéines animales consommées dans le monde. Il a été estimé que plus de 55 % de l'océan est investi par la pêche industrielle (Kroodsma *et al.* 2018) et 34 % des stocks de poissons marins sont exploités à un niveau biologiquement non durable. Cette forme d'exploitation s'est accompagnée d'un accroissement des captures ayant un impact sur l'abondance des organismes aquatiques tout en affectant les chaînes trophiques et l'évolution des espèces (FAO, 2020).

Par ailleurs, les pêcheurs s'assurent de prélever les plus gros individus et conserver les plus petits, à tel point qu'à travers le monde de nombreuses législations appliquent ce principe (Rochet *et al.* 2000). Plusieurs études ont démontré que ce mode de prélèvement sélectif modifie, à travers le temps, les caractéristiques génétiques des espèces exploitées et provoque le déclin d'autres (Sutherland, 1990 ; Browman, 2000; Law, 2000-2002 ; Ratner& Lande, 2001; Conover & Munch, 2002).

Selon Law (2000), les meilleurs exemples de « cibles » de pêche excessive, il cite le cas de (*Gadusmorhua*) et du saumon (*Onchorhynchusgorbucha*), où la masse moyenne des individus a fortement diminué depuis le début de leur pêche commerciale. La pêche illicite (braconnage) a aussi un impact non négligeable, elle représentait près d'un tiers des prises mondiales en 201. Cette pratique illégale accentue le déclin de la biodiversité marine (Ipbes, 2019).

6- Chasse intensive

La chasse est le plus souvent pratiquée comme loisir et pour le plaisir. Cependant, dans certains pays, comme le Cameroun ou le Congo, la viande sauvage (viande de brousse ou de gibier) représente 60 % à 80 % de leur apport en protéines. Elle est une source non négligeable de revenus pour ces populations (près de 112 millions de dollars au Cameroun) (Van Vliet, *et al.* 2017 ; Coad, *et al.* 2019).

La chasse est devenue excessive et commerciale afin de satisfaire les besoins alimentaires des populations en accroissement démographique, qui sont prêtes à payer le prix fort pour se nourrir. S'ajoute à cela le braconnage.

En effet, les braconniers font de la chasse au trophée pour laquelle le chasseur sélectionne l'animal sur la base de caractéristiques morphologiques connues pour être héritable ou esthétiquement commercialisable pour être vendus à de grandes marques de mode pour en confectionner des pièces de valeur (fourrures d'ours, de renard, peaux de crocodiles, cornes de rhinocéros, etc.). (Harris et al. 2002 in Garel, 2006), mais aussi pour des pratiques médicales traditionnelles tel qu'en Chine ou au Vietnam.

D'ailleurs, la demande des cornes de rhinocéros a explosé au milieu des années 2000, en raison de la parution d'une information selon laquelle un officiel du gouvernement du Vietnam serait guérit d'un cancer après avoir recouru à un traitement médicamenteux traditionnel à base de cornes de rhinocéros.

Toutes ces pratiques affectent l'équilibre écologique, et les processus évolutifs dans les populations exploitées ce qui affaiblie leur densité, précipite leur disparition et accentue le dérèglement des chaînes trophiques (Festa-Bianchet, 2003 in Garel, 2006).

7- Les différentes pollutions

La pollution est définie par Ramade (2005) comme « *toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction dans la Biosphère de substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de matière ou encore de l'introduction d'espèces exotiques dans une biocénose naturelle* ».

Les sources de pollution sont donc diverses et proviennent généralement de la production d'énergie, de l'industrie, de l'agriculture intensive, de l'élevage intensif etc. Selon la modalité d'émission des polluants, deux types de pollution sont distingués :

- La pollution **ponctuelle** localisée et provient d'un site recensé et connu (effluents ou fumées d'usines par exemple) ;
- La pollution **diffuse** non localisée provient de sources souvent inconnues (échappements des véhicules, épandages d'engrais et de pesticides dans les cultures, incinération de déchet, etc.).

La pollution peut être également **chronique** ou **accidentelle**. La pollution chronique continue et persiste dans le temps (engrais, pesticides, rejets industriels, etc.) tandis que la pollution accidentelle est caractérisée par une dispersion limitée du polluant dans le temps, même si ses effets peuvent être à long terme (déversements d'huiles automobile).

Les différents compartiments de la biosphère peuvent subir diverses pollutions : la pollution atmosphérique, la pollution de l'eau et la pollution du sol.

7-1- Pollution atmosphérique

L'atmosphère est constituée de plusieurs composés sous forme de : gaz, aérosols et particules fines sédimentables. En effet, l'Azote (N₂) et l'Oxygène (O₂) constituent 99% de la composition naturelle de l'atmosphère. D'autres composés (CO₂, CH₄, Ozone, H, CO etc.) sont présents à faible concentration.

L'OMS définit la pollution atmosphérique comme « *une ou plusieurs substances ou des mélanges de substances polluantes sont présentes dans l'atmosphère dans des quantités ou sur une période telle qu'ils sont dangereux pour les Hommes, les animaux, les plantes ou les biens, qu'elles contribuent à leur mise en péril ou nuisent à l'activité et au bien-être des personnes* ».

Elle provient donc des fumées, rejetées dans l'air, générées par les industries (métallurgiques, chimiques, le trafic routier, épandage de pesticides etc.). De ce fait, les gaz à effets de serre dits additionnels (CO, CO₂, CH₄, HAP, COV, N₂O, NO₂, PAN, etc.) augmentent et s'additionnent aux concentrations naturelles. Cela contribue au réchauffement planétaire tout en induisant des conséquences irréversibles sur les écosystèmes (la fonte de plusieurs glaciers causant de potentielles remontées des eaux et provoquant) des inondations et des tsunamis.

Par ailleurs, les rejets atmosphériques sont susceptibles d'être transportés par les vents sur de très longues distances et peuvent également être à l'origine de retombées acides, dangereuses pour la santé publique, les sols et les eaux et les organismes qui y vivent.

7-2- Pollution de l'eau

C'est toute modification physique ou chimique ou biologique susceptible de réduire la qualité de l'eau et d'avoir un effet nuisible sur les êtres-vivants.

L'origine de cette pollution provient des rejets dans les eaux continentales ou littorales d'une grande variété de substances chimiques contenues dans les effluents industriels, agricoles ou domestiques (métaux lourds, pesticides, détergents, PCB, HAP, etc.).

En effet, l'une des principales pollutions de l'eau est la pollution organique qui se compose de substances qui, en se décomposant, consomment l'oxygène présent dans le milieu aquatique et peut provoquer l'asphyxie des espèces animales. La pollution toxique se compose de substances d'origine minérale, comme les métaux, et de produits organiques (hydrocarbures, organochlorés, pesticides, etc.) qui ont des effets toxiques et ont souvent la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants.

Quant à la pollution thermique (est une pollution physique), celle-ci provient du rejet, dans les eaux, d'eaux chaudes issues de certaines industries, notamment des centrales thermiques et nucléaires. La pollution radioactive est associée aux rejets d'effluents aqueux chargés en substances radioactives. Ainsi la biodiversité dans sa totalité est affectée perturbant les chaînes alimentaires et la santé humaine (Bodoy, 1976).

7-3- Pollution du sol

Le sol subit des modifications dans sa composition chimique et biologique par l'introduction de substances ou d'un mélange de substances toxiques entraînant une perturbation de l'écosystème.

L'agriculture constitue la principale origine de cette pollution, notamment avec l'utilisation excessive de produits phytosanitaires et d'engrais de synthèses contenant de nombreuses substances chimiques et toxiques telles que les métaux lourds.

L'industrie rejette aussi énormément de substances toxiques dans les sols, notamment les effluents de production industrielle telle que métallurgies ferreuse et non ferreuse composés de nombreux métaux lourds.

Les déchets représentent une source de polluants non négligeable, les décharges remplies, la mauvaise gestion et traitement des déchets ménagers et assimilés provoquent une infiltration des lixiviats dans les sols. Ce liquide, contenant des contaminants chimiques et des micro-organismes pathogènes, peut potentiellement modifier la composition physique et chimique des sols et altérer les chaînes trophiques entraînant ainsi une grande perte de biodiversité.

8- Fragmentation des milieux

D'après Millenium Ecosytem Assesment MEA (2005), tous les écosystèmes de la terre ont été modifiés significativement par les activités humaines qui sont par ailleurs, considérées comme l'une des principales menaces pour la biodiversité. Selon plusieurs théories qui expliquent la fragmentation des habitats, le nombre d'espèces occupant une aire géographique donnée tend à augmenter proportionnellement à sa taille (Arrhenius 1921, Lomolino 2000, Whittaker & Fernandez-Palacios 2007 in Perrin, 2021).

En effet, plus l'espace est important, plus il est hétérogène et peut potentiellement contenir plusieurs différents habitats de grande surface et abriter un grand nombre de populations. MacArthur & Wilson (1967) se sont appuyés sur cette relation pour établir leur théorie de la biogéographie insulaire (IBT).

Ils expliquent dans celle-ci que les îles plus grandes ont des taux d'extinction inférieurs aux îles plus petites et que les îles plus isolées ont des taux d'immigration plus faibles que les îles moins isolées. Ainsi, plus une île est petite et isolée, plus la richesse spécifique observée sur cette île est faible. L'IBT a énormément influencé les études sur la fragmentation des habitats (Losos & Ricklefs 2009 in Perrin, 2021), car on peut assimiler une parcelle d'habitat favorable à une île au milieu d'un « océan » d'habitats défavorables.

Le taux important de déforestation, par la conversion des terres agricoles en terra inutilisable pour l'installation d'industries, de routes et de diverses infrastructures, modifie fortement la répartition géographique des espèces et conduit à une perte de connectivité entre

elles, ce qui implique leur extinction de masse. En effet, plus la surface déboisée s'accroît, plus la surface de contact et d'échange entre les humains et le monde sauvage augmente. De ce fait, la fragmentation des écosystèmes naturels tels que les forêts a un impact certain sur le processus évolutif des espèces (Smith et al. 2014 ; Johnson et al. 2020), c'est ce qu'explique la théorie des métapopulations (Perrin, 2021).

9- Tourisme de masse

Si le tourisme était autrefois réservé à un groupe réduit de personnes aisées ayant un impact positif sur le développement de l'économie, aujourd'hui il prend l'aspect d'un phénomène de masse avec diverses répercussions sur les écosystèmes (Daghri, & El Omari, 2015). Selon l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) (2018), 1,4 milliard de touristes internationaux ayant voyagé en 2018 et une estimation à 1,8 milliard d'ici 2030 ; un rythme qui connaît une croissance exponentielle aux conséquences irréversibles sur la biosphère.

En effet, l'activité touristique augmente la surconsommation des ressources naturelles (besoins en énergie, en nourriture et en eau, etc.) et augmente la production de déchets qui contaminent les sols et les océans, notamment avec le déversement des effluents et des eaux usées provenant des hôtels, bateaux de croisières, etc.

Dans un rapport de WWF en 2017, il est estimé qu'en mer Méditerranéenne, 52% des débris seraient liés au tourisme balnéaire, une pollution qui nuit fortement à la biodiversité marine particulièrement avec le rejet de nombreuses substances chimiques contenues dans les eaux usées ou encore les crèmes solaires. Selon le ministère français de la transition écologique (2010), le tourisme serait à l'origine de 5% des émissions mondiales de gaz à effet de serre, ce qui contribue à une pollution atmosphérique et au réchauffement climatique.

Le tourisme de masse a également incité à la déforestation, la destruction et la fragmentation des milieux (constructions d'édifices hôteliers, centres de loisirs et commerciaux, réseaux routiers, etc.), ce qui a sans doute provoqué de nombreuses perturbations dans le développement des populations des organismes vivants et dans leurs équilibres écologiques.

La randonnée pédestre, le camping en nature et les activités sportives en montagne sont également des facteurs de flux touristique. Pratiquées souvent par les amoureux de la nature, ces activités sont paradoxalement source de nuisances pour les écosystèmes, les randonneurs ou campeurs exercent des pressions sur les lieux qu'ils visitent et engendrent d'importantes dégradations (tassement et compaction des sols réduisant la perméabilité et la porosité, pollution par les déchets solides ruinant l'aspect esthétique des paysages, risques d'incendies avec les feux de camps, piétinement d'espèces endémiques et découpage d'arbres pour le feu de bois...).

Partie II : Le rôle du sol dans un écosystème

1- Sol

Le sol est une entité naturelle, superficielle et souvent meuble, résultant de la transformation, la décomposition et l'altération de la roche mère au contact de l'atmosphère et des êtres vivants sous l'action de l'eau et de l'air et l'influence des processus physiques, chimiques et biologiques (Girard *et al.*, 2005 *in* Lembrouk, 2019).

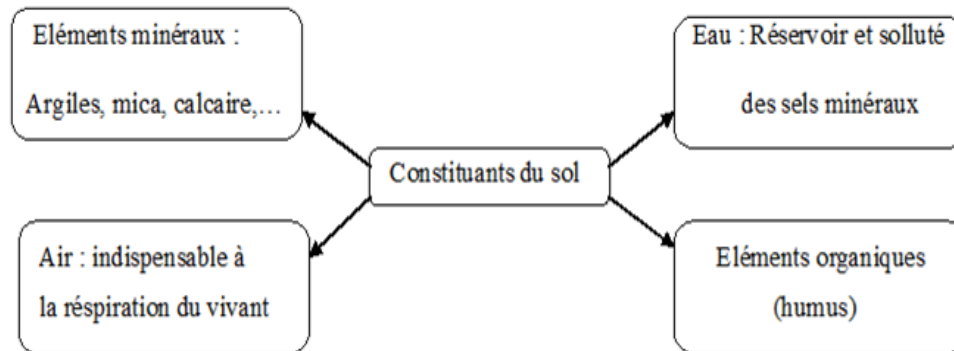


Figure 4 : Les différents constituants du sol (Legras, 2014 *in* Lembrouk, 2019).

1-1- Constituants du sol

Le sol peut se décomposer en plusieurs phases (Soltner, 1992 ; Calvet, 2013) (Figure 4) :

- Phase solide composée de deux types d'éléments : les éléments minéraux et les éléments organiques ;
- Phase liquide (solution du sol) formée d'eau et d'ions ;
- Phase gazeuse (CO₂, O₂, N₂).

1-2- Fonctions du sol

Le sol assure des fonctions vitales pour les êtres-vivants. Trois grandes catégories de fonctions sont généralement distinguées (Baptist *et al.* 2018 *in* Monfort *et al.* 2020):

- **Les fonctions hydro-géomorphologiques:** cette catégorie comprend toutes les fonctions liées au cycle de l'eau. La circulation de l'eau dans le sol dépend toutefois de la porosité et de sa structure que lui a fournie en fonction de l'activité de la biodiversité du sol (aération), ce qui permet :
 - Le ralentissement et régulation du ruissellement ;
 - La rétention et l'infiltration de l'eau/recharge de nappes phréatiques ;
 - La stabilisation des sols contre l'érosion.

En effet, le sol stock une quantité considérable d'eau, ce qui permet l'approvisionnement en des organismes vivants, notamment en période sèche, et d'assurer le développement et le maintien l'équilibre écosystémique (Gresselin, 2015 *in* Lembrouk, 2019) ;

- **Les fonctions biogéochimiques** : cette catégorie comprend l'ensemble des fonctions épuratoires :
 - Le recyclage et rétention de la matière organique assuré par la biodiversité du sol ;
 - L'élimination de polluants : le sol devient un système épurateur grâce à sa fonction de filtrage assurée par les micro-organismes qui les dégradent et à ses propriétés physico-chimiques. Il joue donc un rôle de filtre naturel contre les agents exogènes qu'il reçoit (Pierzynski et *al.* 2005 *in* Lembrouk, 2019);
 - La séquestration du carbone et la régulation de gaz à effet de serre : le sol est considéré comme le puits de carbone qu'il émet sous forme de dioxyde de carbone (CO₂). Il émet également un certain nombre de gaz à effet de serre (méthane, protoxyde d'azote) (Gresselin et *al.* 2014 2005 *in* Lembrouk, 2019);
 - La fertilité, sans quoi il ne peut plus assurer l'évolution de la vie sur terre. En effet, le sol assure le rôle de réservoir de nutriments (azotes, potassium, phosphore) essentiels au développement des organismes et au maintien des chaînes alimentaires des écosystèmes (Gresselin, 2015 *in* Lembrouk, 2019).
- **Les fonctions biologiques** : cette catégorie correspond aux fonctions de supports d'habitat et à la connectivité écologique.

Une quatrième catégorie de fonctions, dite **géotechnique**, vise à sensibiliser les acteurs de l'aménagement à l'importance des fonctions du sol et des services rendus lors de projets de reconversion de friches urbaines (MEL, 2020). Cette fonction ne correspond pas à une fonction écologique à proprement parlé, mais elle est prise en compte car elle assure le rôle de support physique des activités anthropiques

1-3- Les services écosystémiques du sol

Le sol régit le cycle naturel de l'eau, de l'air et des substances organiques et minérales. Il filtre et purifie l'eau, stocke et transforme des substances, représentant ainsi un maillon essentiel dans les flux permanents d'énergie et de matières des écosystèmes.

Le sol est une ressource essentielle fournissant de multiples services écosystémiques fondamentaux pour les sociétés humaines, dont (Tableau 5) :

Tableau 5 : Les différents types de services écosystémiques (d'après Étude & Documents n°20, Mai 2010, Commissariat Général au Développement Durable).

Services de support/soutien	Services de production/approvisionnement	Services de régulation	Services culturels
<ul style="list-style-type: none"> • Cycle de la matière • Cycle de l'eau • Formation du sol • Conservation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentation • Eau • Combustibles • Ressources génétiques • Produits biochimique et pharmaceutiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Climat • Qualité de l'air • Flux hydriques • Erosion • Traitement des polluants • Risques naturels 	<ul style="list-style-type: none"> • Valeurs spirituelles et religieuses • Valeurs esthétique • Récréation et écotourisme

1-4- Composante biologique du sol

1-4-1- La faune du sol et ses rôles dans l'écosystème

Le sol joue un rôle majeur dans le cycle de la matière organique et des éléments nutritifs. Un changement d'état de la biodiversité du sol peut directement influencer les fonctions écologiques (décomposition de la matière organique, structuration du sol, etc.) assurées par la faune du sol et affecter la fourniture de services écosystémiques (Millenium Ecosystem Assesment, 2005 *in* Amossé, 2014) résultant de ces fonctions (Tableau 6 ; Figure 5).

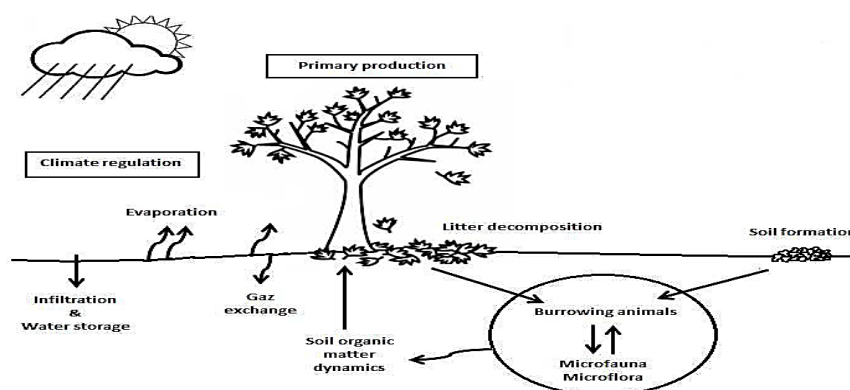


Figure 5 : Processus et services écosystémiques clés pouvant être assurés par la faune du sol (Amossé, 2014).

Selon Lavelle *et al.* (2006), il est estimé que la faune du sol représente plus de 23 % de la biodiversité animale décrite de nos jours. Dans les sols bruns des régions tempérées, la majorité de la faune se localise dans les 10 à 20 premiers centimètres. Gobat *et al.* (2003) définissent la faune du sol comme l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou à la surface (faune épigée), ceci incluant la litière.

Tableau 6: Exemple de contributions possibles de la part des invertébrés du sol pour la fourniture de services écosystémiques (adapté à partir de Lavelle *et al.* 2006 *in* Amossé, 2014):

Contribution des invertébrés du sol	Processus écosystémiques	Services écosystémiques
<ul style="list-style-type: none"> • Formation et entretien de la structure du sol (porosité) par bioturbation et creusage • Fragmentation, transport et intégration de la matière organique (MO) • Sélection microbienne 	<ul style="list-style-type: none"> • Pédogenèse • Infiltration, stockage et évaporation de l'eau • Échanges gazeux • Décomposition, humification et stockage de la MO dans le sol et la biomasse • Régulation biotique 	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation hydrique et thermique • Cycle des éléments nutritifs • Stockage du carbone • Production végétale

Suivant cette définition, ces auteurs classent la faune du sol en quatre catégories selon la taille (diamètre), on distingue :

- **La microfaune (< 0,2 mm):** Elle regroupe les microorganismes ayant besoin d'eau liquide pour vivre :
 - **Protozoaires** (grands consommateurs de bactéries): Ils assurent le maintien de la jeunesse des populations de bactéries, celle-ci devant se reproduire pour pallier à cette prédation ;
 - **Métazoaires** : Essentiellement des Nématodes (Vers ne présentant pas de segmentation), qui interviennent dans la première phase de décomposition des végétaux en les brisant, ce qui facilite ensuite l'action des bactéries et des champignons (Gobât *et al.* 1998 ; Martins *et al.* 2015 *in* Boubrit, 2015) ;
- **La méso faune (entre 0,2 et 2 mm) :** Cette catégorie d'invertébrés comprend la majorité des Nématodes, les Acariens, les Collemboles, et des Protoures (Nadama2006 *in* Boubrit, 2015) ;
- **La macrofaune (entre 4 à 80mm) :** Facilement repérable à l'œil nu, elle occupe surtout les couches superficielles. Ses principaux représentants sont : les Annélides Oligochètes (enchytrées, lombrics) ; les mollusques gastéropodes (limaces, escargots); des arthropodes (appelés ici macroarthropodes) autres que les insectes (Crustacés Isopodes, myriapodes, arachnides) ; les insectes (Isoptères, Orthoptères, Coléoptères, Diptères, Hyménoptères) (Traore, 2012). Les vers de terre ou lombrics ont un rôle primordial dans le brassage des différents horizons. Leur activité permet la fragmentation et l'intégration de la matière organique au sol, ainsi que la formation et

le maintien de la structure du sol et permet d'améliorer l'aération et la perméabilité des sols. Enfin, leur biomasse importante constitue une réserve d'Azote pour le sol (Nadama, 2006 ; Machado et *al.* 2009 *in* Boubrit, 2015) ;

- **La mégafaune (> 80 mm) :** Les vertébrés de cette catégorie agissent sur le sol par creusement de leurs galeries, reptiles, mammifères fouisseurs tels que les campagnols, les chiens de prairie, les marmottes, aussi les amphibiens semblables à des vers de terre, et des reptiles apodes et fouisseurs (Gobât et *al.* 1998 ; Peres, 2003 *in* Boubrit, 2015).

2- Caractéristiques d'un sol anthropisé

Le sol constitue une composante qui représente un patrimoine menacé et difficilement renouvelable (Chaussod, 1996; Cheverry & Gascuel, 2009 *in* Amossé, 2014) et est, par conséquent, un élément qu'il convient de protéger afin de permettre un développement durable des sociétés (Solbrig et *al.* 1994 *in* Lembrouk, 2019).

Le sol est soumis à des pressions et à des dégradations liées, notamment à l'anthropisation et à la croissance démographique (besoins alimentaires, besoins de logements et d'infrastructures, réseaux de transport) et aux différentes perturbations environnementales (érosion, changements climatiques, contaminations ponctuelles et diffuses, tassement) (Lavelle et Spain, 2001 *in* Lembrouk, 2019). En effet, en zone urbaine, le sol assure le rôle de support de bâtiments (habitations, industries, édifices hôteliers...), d'infrastructure (routières, ferroviaires...) et d'installations de loisirs (stades, stations de ski...), ce qui le rend fortement hétérogène et modifie ses propriétés physiques, chimiques et biologiques (Craul, 1992 ; Schwartz, 2001 ; Morel et *al.* 2005 ; Bechet et *al.* 2009 *in* Blanchart et *al.* 2017).

Un sol dégradé est généralement caractérisé par (i)le taux de pH, (ii)la concentration élevée en contaminants (métaux lourds, HAP, PCB, effluents) issus des apports de matériaux exogènes et d'infrastructures et (iii)un tassement et une condensation par le poids des bâtiments, le passage d'engins et de véhicules ou encore le sur piétinement et le surpâturage, ce qui conduit à de potentiels risques de dégradation des fonctions naturelles du sol (Figure 6) (Amossé, 2014), notamment :

- Le déclin de la biodiversité ;
- La modification des réseaux trophiques ;
- Le déficit en matière organique et en minéraux essentiels ;
- L'érosion du sol ;
- L'altération des cycles des éléments nutritifs.

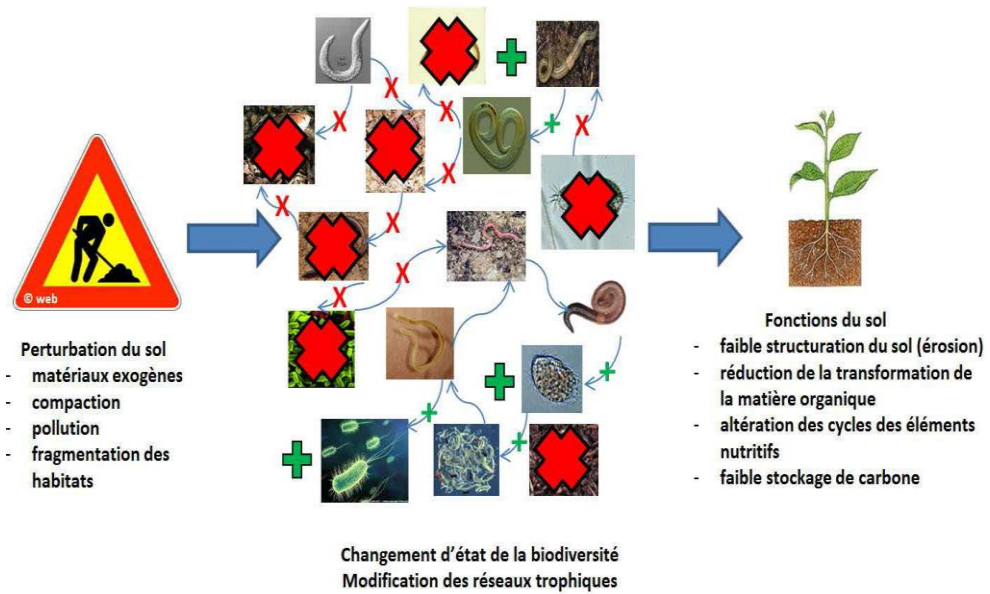


Figure 6 : Caractéristiques principales liées à la perturbation des sols urbains (Amossé, 2014).

Partie I : Situation géographique du Parc National du Djurdjura (PND)

Le Parc National du Djurdjura est localisé au nord de l'Algérie à environ 40km au sud du littoral méditerranéen et à 150 km à l'Est d'Alger (Derridj, 1980), il occupe le territoire de deux Wilayas, Tizi-Ouzou (versant Nord) et Bouira (versant Sud) (Figure 7). Il forme un massif forestier situé au niveau de la chaîne de montagnes de l'Atlas tellien. Ce massif est sectionné en trois parties : le massif oriental (point culminant : Lalla Khedidja à 2 308 m), le massif central (point culminant : Ras Timédouine à 2 305 m) et le massif occidental (point culminant : Haizer à 2 164 m) (Bara et Khiter, 2017). Il est composé de cinq antennes réparties sur la zone périphérique : Tizi n Koullal et Ath Ouabane et Tala Guilef pour le versant Nord, Tikjda et Tala-Rana pour le versant Sud (Laoudj et Dadi, 2003).



Figure 7 : Carte de situation géographique du PND (PND, 2021).

Le Parc national du Djurdjura est un établissement public (appartenant administrativement à deux Wilaya: Bouira au versant Sud et Tizi-Ouzou au versant Nord) qui s'étend sur une superficie de 18550 ha dont le cadre administratif a été défini par le décret ministériel n° 460/83 du 23 juillet 1983, sous la tutelle de la Direction générale des forêts (DGF) et du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Depuis l'année 1997 il est classé réserve de la biosphère par l'U.N.E.S.C.O. dans son programme MAB (Man And Biosphere) (Loukkas, 2006).

Le siège du Parc national du Djurdjura est situé à Bouira, il est dirigé par un directeur assisté d'un secrétaire général, de chefs de départements et administré par un conseil d'orientation conformément au décret n°458/83 du 23 juillet 1983 portant le statut type des Parcs Nationaux (Laoudj et Dadi, 2003).

1- Description du site d'étude (Secteur de Tikjda)

1-1- Situation géographique

Le secteur de Tikjda est situé à l'ouest du versant sud du massif central de l'Akouker de la chaîne du Djurdjura. Il est situé à environ 30 km nord-est du chef-lieu de Bouira (Figure 8 et 9).

Tikjda couvre une surface de 3700 ha qui s'étale sur une longueur de 20 km et une largeur qui varie entre 1 km (à l'ouest) à 4 km (à l'est) (Mechri, 1994).

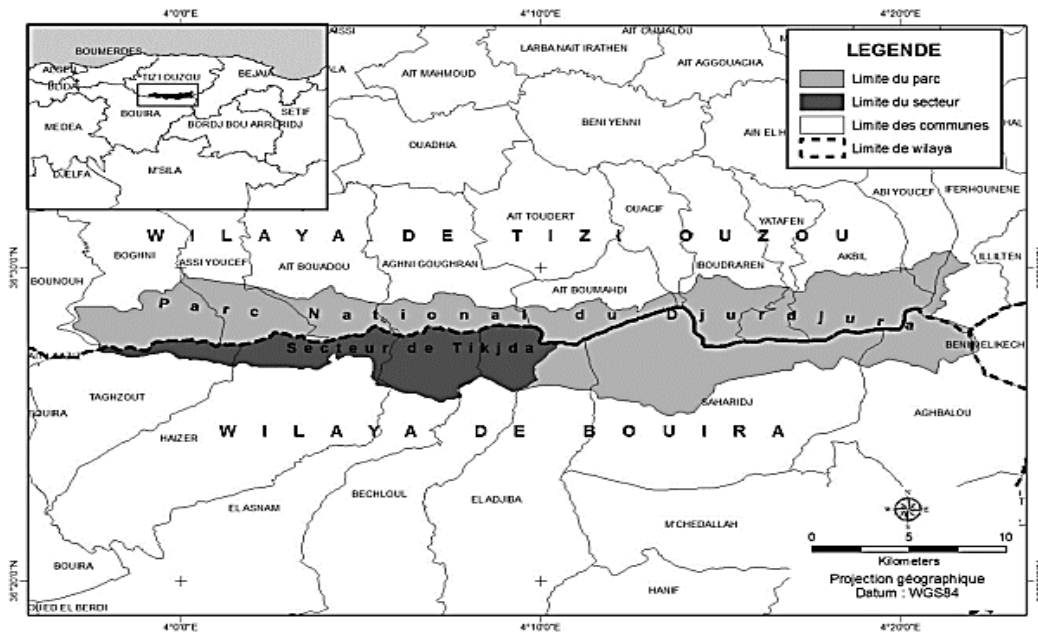


Figure 8 : Carte de localisation du site de Tikjda (Parc national du Djurdjura) (PND, 2014).



Figure 9 : Photo du site étudié (Tikjda), (Hami, 2021).

L'altitude du site d'étude (Tikjda) s'élève à 1800 m. Les coordonnées Lambert du site de Tikjda sont X : de 625 à 629 km et Y : de 347 à 352km.

2- Cadre physique

2-1- Géologie

Selon Flandrin (1947), le massif du Djurdjura constitue l'une des grandes régions karstiques de l'Algérie et forme l'élément principal d'une grande unité structurale appelé « chaîne calcaire kabyle ». En effet, elle est majoritairement composée d'une série d'écaillés repoussées les unes contre les autres du nord vers le sud, l'ossature de toutes les écaillés, plus ou moins plissés et fracturés datant en grande partie de l'ère géologique liassique, est formée par deux puissantes séries carbonatées massives : 400m de calcaire dolomique du Lias inférieur, et 200m de calcaire Nummulites de l'Eocène. C'est ainsi que se sont formées des bandes qui partent de Tikjda et se terminent au col de Chellata, séparant la chaîne calcaire de Djbel Tawyelte et Ras Tigounatine au nord de celle de Lalla Khadidja au sud.

Benmouffok (1995) résume l'aspect géologique de la zone d'étude en soulignant que l'anticlinal de Tikjda-Ait Ouabane appartient aux formations des ères secondaires et tertiaires, et que le massif de Tigounatine est représenté par du calcaire dolomitique du Lias inférieur, alors que le massif de Tikjda est représenté par des grès rouges du Trias (Figure 10) (Flandrin, 1947).

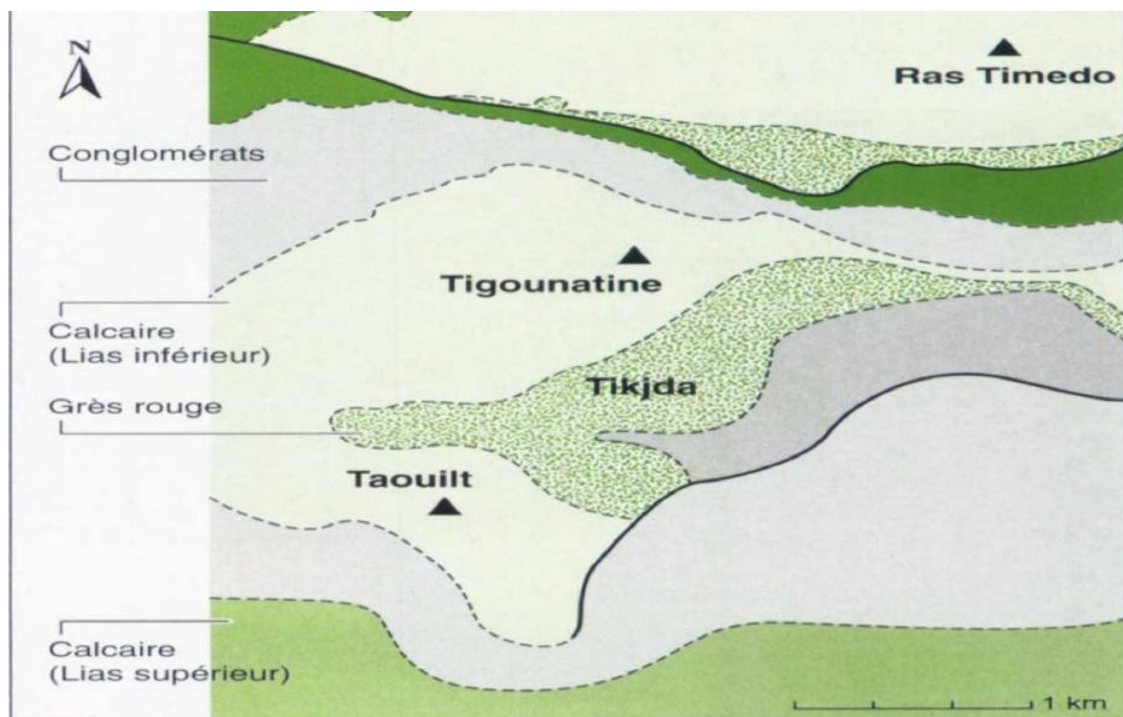


Figure 10 : Carte géologique du Djurdjura (Flandrin, 1952 *in* Benmouffok, 1995)

2-2- Pédologie

L'ossature du Djurdjura est de type sablo-limoneuse à pH légèrement acide (Smail, 2009 *in* Zemih, 2010). Ces sols présentent une teneur élevée en azote, un taux moyen en calcaire et assez faible en phosphore assimilable. Sous le refuge, les sols appartiennent à la catégorie des sols gréseux. Ils sont brunifiés et sont proprement forestiers et présentent une teneur en matière organique et des rapports C/N relativement élevés. Ils sont également caractérisés par la présence, en profondeur, d'un taux légèrement élevé en argile provenant, certainement, d'un lessivage (Benmouffok, 1993 *in* Larbi, 2015 ; Mechri et Hadouchi, 1994 ; Tafer, 1994).

2-3- Climat et bioclimat

Afin de déterminer le climat et le bioclimat d'une région donnée, il est important de connaître la durée de la saison et tous les facteurs climatiques qu'elle subit, notamment la quantité de précipitation, les températures, le vent etc. Par ailleurs, Tikjda ne possède pas de station météorologique qui nous permettrait de faire un bilan climatique, c'est pourquoi nous avons exploité les données climatiques de Derridj (1990).

Selon le même auteur, les températures et les précipitations ont été estimées à partir de la station de Bouira et a utilisé le gradient établi par Seltzer (1946) qui préconise une réduction de $0.4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ de dénivelée pour la moyenne des minimas et $0.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ pour la moyenne des maximas.

2-3-1- Pluviométrie

Tikjda présente une pluviométrie annuelle moyenne estimée à 1270,1mm. La saison pluvieuse s'étale de septembre au mois de mai avec un maximum en mars (216,3mm). Par contre, de juin à août la pluviométrie se raréfie avec un minimum en juillet (3,8mm) (Annexe 3).

2-3-2- Températures

La température est un facteur écologique limitant et régule les phénomènes métaboliques de ce fait, elle conditionne la répartition des végétaux (Derridj, 1990).

La moyenne annuelle des températures à Tikjda avoisine les 15°C avec des minimums relevés en décembre – janvier (0°C - 5°C) et des maximums en juillet – août (21°C - 24°C) (Annexe 3). Cependant, la période de gel peut atteindre 30 à 60 jours (Benmouffok, 1994).

2-3-3- Neige

Le Djurdjura est caractérisé par des conditions météorologiques relativement extrêmes en saison hivernale, ce qui conduit à une importante baisse des températures favorisant la tombée des neiges. Il a été enregistré une durée d'enneigement de 15 jours par an au-dessus de 1000m d'altitude (Peguy, 1970). Selon les années, la quantité de neige peut atteindre jusqu'à 4m d'épaisseur et persisterait de Novembre à Mai.

2-3-4- Gèle et grêle

La période de gel à Tikjda s'étend de 115 à 145 jours par an (Boutemine, 1987 *in* Larbi, 2015). Et selon Abdesselam (1995), le nombre de jours de grêle au Djurdjura dépasse 06 jours par an.

2-3-5- Brouillard

La quantité d'eau que donne le brouillard varie entre 1mm et 6mm par jour, ce qui constitue un apport non négligeable en eau (Abdesselam, 1995 *in* Djoumi, 2018).

2-3-6- Vent

Le Djurdjura subit de par son orientation Est-Ouest des vents chargés d'humidité du Nord et des vents chauds du Sud. Selon Technoexportstroy (1970) *in* Larbi (2015), la variation moyenne annuelle de la vitesse du vent est entre 1,3 à 3m/s et peut dépasser 20 m/s dans les points culminants.

2-3-7- Synthèse climatique

- **Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)**

Bagnouls et Gausson considèrent qu'un mois est sec lorsque le total des précipitations (P) en mm est inférieur ou égale au double de la température (T) en °C : $P \leq 2T$. Cette relation permet de représenter sur un même graphique les précipitations et les températures moyennes mensuelles. L'intersection des deux courbes, ombrique et thermique, détermine la durée de la saison sèche. Pour notre zone d'étude, cette période s'étale de début du mois de juin jusqu'à la mi-septembre (Figure 11).

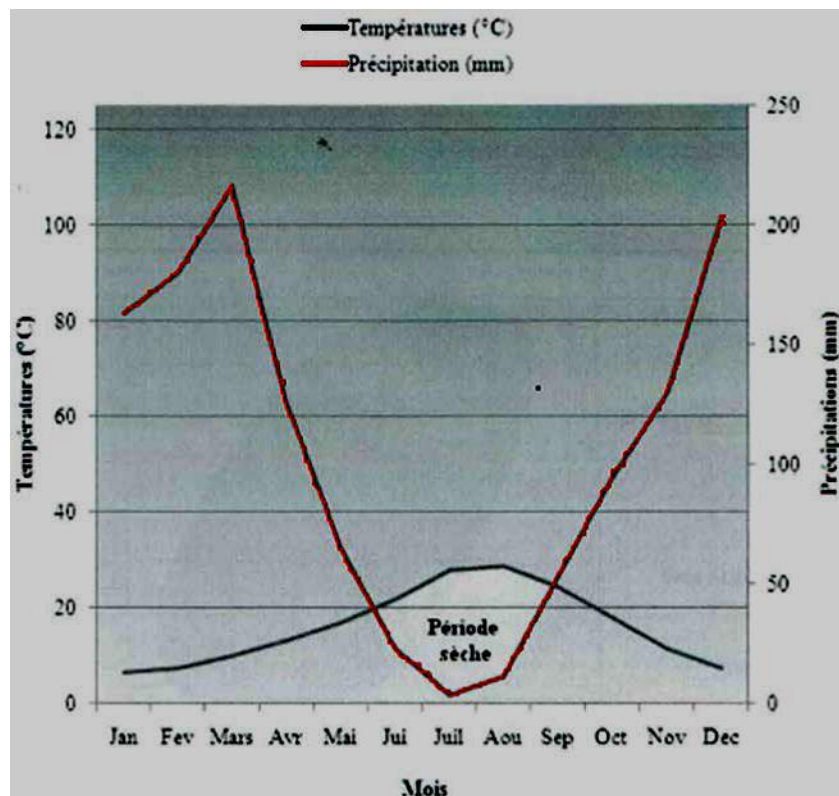


Figure 11: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) pour la station de Tikjda (Derridj, 1990).

- **Climagramme d'Emberger(1955)**

Emberger (1955), proposait un quotient pluviométrique qui renseigne sur le caractère xérique d'un biotope, et qui prend en considération la température et la pluviosité. Ce quotient est spécifique du climat méditerranéen, formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = 1000P / (M+m)(M-m) / 2 \text{ ou } Q_2 = 2000P / (M^2 - m^2)$$

Avec :

Q₂: Quotient pluviométrique.

P : pluviométrie annuelle en mm

M : moyenne mensuelle des températures maximales du mois le plus chaud en degrés Celsius.

m : moyenne mensuelle des températures minimales du mois le plus froid en degrés Celsius.

Le climagramme pluviométrique d'Emberger, permet de localiser une station donnée, est construit en conjuguant le quotient pluviométrique « Q₂ » en ordonnée et la moyenne des températures minimales du mois le plus froid « m » en abscisse. La variante thermique sera déterminée selon la valeur de « m ».

Selon le climagramme d'Emberger, ci-dessous, révèle que Tikjda est située dans l'étage bioclimatique humide à variante thermique à hiver frais (Q₂ = 158,17).

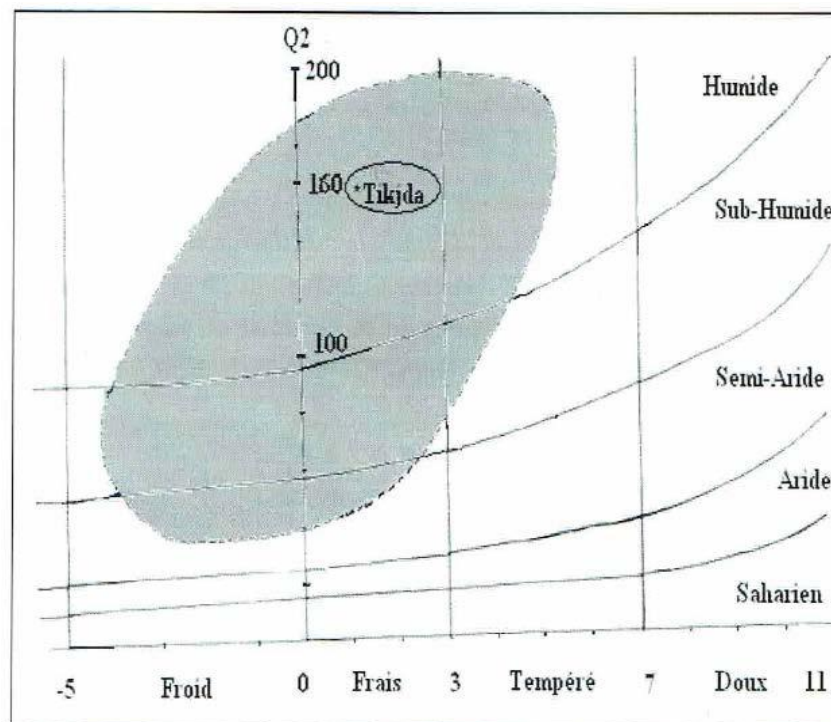


Figure 12 : Climagramme d'Emberger (Quezel, 1976) avec la projection de la région de Tikjda (Derridj, 1990) ; *Tikjda.

3- Cadre biotique

3-1- Faune

- **Mammifères**

Selon Khidas (1988) au cours d'une étude menée sur l'éco-éthologie du chacal *Canis aureus* dans le Parc National du Djurdjura, depuis février 1984 et pendant deux années et demie, il a pu établir une liste non arrêtée des mammifères existant dans ce Parc, notamment dans la forêt de Tikjda. Il a été recensé :

- Le chacal doré *Canis aureus* ;
- Le renard roux *Vulpes vulpes*;
- Le mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus*;
- Le singe magot *Macaca sylvanus*;
- Le sanglier *Sus scrofa*;
- La genette *Genetta genetta*;
- Le hérisson *Erinaceus algirus*;
- Le lièvre *Lepus capensis*;
- Le chat sauvage *Felis silvestris*;
- Le caracal *Felis caracal*;
- L'hyène rayée *Hyaena hyaena*;
- La mangouste *Herpestes ichneumon*;
- Le porc-épic *Hystrix cristata*.

• Avifaune de Tikjda

D'un total de 65 espèces recensées à la station de Tikjda (Saadaoui, 2012), nous citons :

- 38 espèces endémiques ;
- 17 ont un statut de protection national ;
- 10 ont un statut de protection par la convention africaine ;
- 11 protégées par la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES).

L'analyse du statut phrénologique des 65 espèces montre :

- Une forte présence des espèces endémiques 71% ;
- Les espèces estivantes 29% ;
- La plus part des oiseaux de Tikjda sont insectivores 49% ;
- Granivores 23% ;
- Carnivores 11% ;
- Polyphagies 12% ;
- Omnivores 2% ;
- Charognards 3%.

3-2- Flore et végétation

Six types de végétation sont reconnues à Tikjda (Menard, 1988 ; Mechri et Hadouchi, 1994):

- Forêt de cèdres (*Cedrus atlantica*);
- Forêt de cèdres et de chênes verts;
- Forêt de chênes verts (*Quercus rotundifolia*);
- Formation arbustive;
- Pelouses découvertes;

- Pelouses rocailleuses.

Trois de ces types couvrent la majorité des domaines et se composent de deux espèces sempervirentes associées qui sont le cèdre de l'Atlas et le chêne vert. Selon Loukkas (2006), les cédraies pures dominent à raison de 40,2%, suivi des formations de cédraies-chênaies qui dominent à raison de 30% et en dernier les chênaies verts avec 13,2%. Ces formations couvrent environ 20% du domaine. Leur répartition varie selon un gradient altitudinal, la cédraie-chênaie laissant place à une cédraie presque pure à près de 1600m d'altitude.

Il convient de signaler la présence d'une espèce endémique qui est le pin noir (*Pinus nigra var. mauritanica*) qui couvre 0,5% du domaine. D'autres essences sont aussi identifiées dont le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) couvrant 0,2% du domaine et quelques pieds d'érable (*Acer Obtusatum*) (Menard, 1988).

Partie II : Répartition et caractéristiques du Cèdre de l'Atlas

1- Répartition du Cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) est une espèce endémique du Nord africain, son aire de répartition naturelle se trouve en Algérie et au Maroc. Selon Abdessmed (1981) in Belloula (2020), les cédraies couvrent environs 300 km² du territoire algérien réparties en plusieurs massifs, elles se divisent en deux :

- Les cédraies sèches soumises à un climat saharien (Aurès)
- Les cédraies humides bénéficient d'un climat relativement favorable (Babors, Djurdjura)

2- Caractéristiques du Cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas est un arbre de grande taille qui peut atteindre plus de 50m de hauteur et 3m de circonférence (Gaussen, 1967 in Belloula, 2020). C'est un arbre essentiellement montagnard qui s'adapte au climat froid (Derridj, 1990) en effet, d'après l'analyse descriptive des paramètres dendrométriques faite par Messaoudene et al. (2018) cela a confirmé les potentialités productives du cèdre de l'Atlas et sa faculté à coloniser les zones de montagne. Selon (Boudy, 1950) les caractéristiques écologiques les plus importantes du cèdre de l'Atlas sont :

- **L'altitude** : en fonction des conditions climatiques et le relief, les limites altitudinales d'une cédraie se situent selon les types de cédraie :
 - Cédraie basse (<1800m),
 - Cédraie moyenne (1800m-2100m),
 - Cédraie haute (>2100m) (Pujos, 1966 in Belloula, 2020).

Selon (Achhal et al. 1980) l'optimum bioclimatique du cèdre de l'Atlas correspond à l'étage montagnard- méditerranéen entre 1 600 m et 2000 m.

- **L'exposition** : En Algérie, le cèdre s'installe d'une façon générale sur le versant Nord Nord-Ouest souvent mieux arrosé et plus exposé aux vents humides contrairement au versant sud exposé aux vents chauds et secs (Sirocco) et au fort ensoleillement (Emberger, 1935) *in* Belloula (2020).
- **Le climat** : La température est un facteur limitant et important quant au contrôle les phénomènes métaboliques et par conséquent la répartition des végétaux (Ramade, 1984). Putod (1979) *in* Belloula (2020) a signalé que le cèdre évolue dans des températures extrêmes absolues (-25°C et +35°C) et Riou-Nevert (2005) *in* Belloula (2020) ajoute que le cèdre peut résister à des températures relativement basses allant jusqu'à -20°C. Selon Yahia (1994) *in* Belloula (2020) le cèdre n'est pas exigeant pour la pluviométrie, il évolue entre 450mm/an dans les climats secs et 1700mm/an dans les climats humides.
- **Le sol** : le cèdre s'adapte à tous les sols qu'il colonise (Boudy, 1952), toutefois il pousse mieux sur les sols calcaires, et peut aussi bien croître sur des sols acides comme sur des sols basiques (Alexandrain et Rigolot, 1992) *in* Belloula (2020).

Le but de notre travail consiste à déterminer l'impact de l'activité anthropique sur les écosystèmes, en prenant en compte deux aspects : l'occupation des terres et l'importance du compartiment sol. Pour ce faire, nous avons réalisé une comparaison de l'occupation des sols entre 2003 et 2021 de la zone étudiée grâce à des images satellitaires tirées du logiciel Google Earth Pro, ainsi qu'un dénombrement de la macrofaune du sol qui représente une composante fondamentale dans un biotope.

1- Le traitement des images satellitaires

L'enregistrement d'images satellitaires de Tikjda de deux périodes différentes (2003 et 2021) s'est fait à partir du logiciel Google Earth Pro. Le choix de ces images tient de leur disponibilité et du fait que le logiciel nous donne la possibilité d'avoir un aperçu sur différentes périodes dans le temps.

En effet, l'objectif de cette comparaison consiste à évaluer les différentes tendances de l'évolution du paysage naturel entre deux périodes (2003 et 2021).

2- Analyse de la macrofaune du sol

2-1- Choix des stations

Pour étudier la macrofaune du sol, nous avons choisi 3 stations similaires sur le plan pédologique, floristique, topographique et climatique. Elles présentent la même exposition, des altitudes et des pentes proches. Nous avons donc choisi 3 stations de cédraies dans un périmètre de 100 m² selon la méthode suivie par Pesson (1971). Ces stations sont situées dans le même secteur d'étude (Tikjda, le refuge) à 1800m d'altitude.

2-2- Description des stations

2-2-1- Station 1

C'est une cédraie qui se situe à proximité du bâtiment de la protection civile et de l'Héliport de Tikjda(Figure13).Nous l'avons considéré comme « dégradée » en raison de la sur-fréquentation et du piétinement qu'elle subit.



Figure 13 : Photos de la station 1 (Hami, 2021).

2-2-2- Station 2

Cette station correspond à la cédraie qui se situe derrière l'hôtel de Tikjda où y sont déversés les effluents et les eaux usées de l'hôtel (Figure 14). Les déversements s'écoulent directement sur le sol.



Figure 14 : Photo de la station 2 (Hami, 2021).

2-2-3- Station 3

Elle correspond à une cédraie peu fréquentée et se situe dans la forêt du grand 8 de Tikjda, loin des infrastructures (Figure 15). Elle représente la station « saine de référence ».



Figure 15: Photos de la station 3 (Hami, 2021).

2-3- Méthode d'échantillonnage

Dans le cadre de notre étude, l'échantillonnage s'est déroulé le 1^{er} Octobre 2021 à 9h du matin. En effet, la période d'échantillonnage optimale, qui se déroule généralement en saison printanière en raison des conditions favorables au développement des organismes vivants, n'a pas été prise en considération dans ce cas de figure (bien que cela soit intéressant pour une étude beaucoup approfondie) car l'objectif ici est seulement de déterminer si l'effet de l'anthropisation a un impact négatif sur l'abondance la macrofaune du sol.

Nous avons adopté la méthode proposée par Coineau (1974) qui utilise un quadrat de 25cmx25cmd'une épaisseur de 10cm. Cette méthode consiste à prélever la terre et la macrofaune contenue sur une profondeur de 20cm. Dans le cas de cette étude, le prélèvement s'est fait sur 3 niveaux :

- Le premier niveau (Lt) correspond à la litière contenue à l'intérieur du quadrat ;
- Le deuxième niveau (N1) correspond à la couche 0 à 10cm de profondeur ;
- Le troisième niveau (N2) correspond à la couche 10 à 20cm de profondeur.

Dans chaque station, 5 arbres sont choisis au hasard dans un périmètre 100m² (Pesson, 1971). Les arbres font office de répétition dans chaque station. A l'aide d'un ruban gradué, nous avons mesuré 1m de distance partant de l'arbre vers le point de creusement, en prenant la position Nord.

2-4- Dénombrement et identification des invertébrés

2-4-1- Matériel nécessaire pour l'échantillonnage

Le matériel utilisé pour effectuer notre échantillonnage est le suivant :

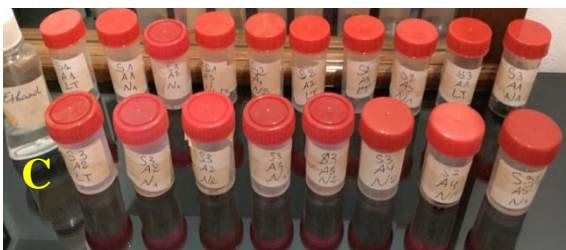
- Un quadrat en acier de 25cm x 25cm x10cm ;
- Un ruban gradué ;
- Des sacs étiquetés pour le transport ;

- Un piochon ;
- Des flacons étiquetés contenant de l'éthanol dilué à 70% pour conserver la faune récoltée.

2-4-2- Identification des invertébrés

Afin d'identifier les invertébrés des sols échantillonnés, nous avons suivi les étapes ci-dessous :

- Le sol récolté est transporté dans des sacs en plastique étiquetés (Figure 16 A) ;
- Un tri est effectué à la main pour récolter la macrofaune contenue dans chaque niveau (Figure 16 B) ;
- Les invertébrés sont conservés dans des piluliers étiquetés contenant de l'éthanol à 70° afin de procéder au dénombrement et à l'identification grâce à une loupe binoculaire, en se référant à des clés de détermination qui s'appuient sur les caractères morphologiques (Figure 16 C), (Figure 16 D).



Tri à la main de la macrofaune du sol

Piluliers contenant la macrofaune récolté

Figure 16: Les différentes étapes de l'identification des invertébrés.

2-5- Calcul des indices de diversité

Les résultats obtenus sont traités par les indices écologiques de structure et de composition.

2-5-1- Indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition utilisés sont la richesse totale, la richesse moyenne et les fréquences centésimales (Dajoz, 1975).

2-5-1-1- Abondance relative (AR%)

L'abondance relative est le pourcentage des individus d'une espèce n par rapport au nombre totale des individus N utilisé pour connaître l'espèce dominante (Dajoz, 1975).

$$AR \% = n/N * 100$$

n : nombre des individus de l'espèce prise en considération.

N : nombre total des individus de toutes les espèces.

2-5-2- Indices écologiques de structure

Les indices écologiques de structure retenus sont la diversité de Shannon Weaver (H) et l'indice d'Equirépartition (E).

2-5-2-1- Indice de diversité de Shannon « H' »

D'après Barbault (2008), la diversité spécifique est mesurée par différents indices dont le plus utilisé est celui de Shannon. Cet indice permet d'avoir une information sur la diversité de chaque milieu pris en considération et il est calculé grâce à la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \text{Log}_2(P_i)$$

$$p(i) = n_i / N$$

H' : Indice de diversité exprimé en unités bits.

p_i : abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce.

n_i : est l'effectif de chaque espèce dans l'échantillon.

n_i : le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

N : le nombre total d'individus dénombrés, toute espèce confondue.

Log_2 : logarithme à base de 2.

Si cette valeur est faible, comprise entre 0 et 1, le milieu est défavorable et pauvre en espèces. En revanche, si cet indice est élevé (>2), cela implique que le milieu est favorable et très peuplé en espèces. Cet indice de diversité varie à la fois en fonction du nombre des espèces présentes et en fonction de l'abondance de chacune d'elles (Barbault, 2008).

2-5-2-2- Indice d'équirépartition ou d'équitabilité « E »

L'indice d'équirépartition est utilisé en complément de l'indice de Shannon. Il correspond au rapport de la diversité observé H' et la diversité théorique maximale H_{\max} (Blondel, 1979). H_{\max} est calculée comme suit : $H_{\max} = \log_2 S$

$$E = H' / H_{\max}$$

Les valeurs de l'équitabilité varient entre 0 et 1. S'il tend vers 1, alors les espèces présentes dans le peuplement ont des abondances identiques donc sont en équilibre entre elles. S'il tend vers 0, alors nous sommes en présence d'un déséquilibre où une seule espèce domine tout le peuplement (Barbault, 1981).

2-6- Analyse du pH du sol

Afin de procéder à l'analyse du potentiel hydrogène (pH eau) du sol de chacune des stations, il est préalablement nécessaire de :

- Disposer le sol de chaque niveau distinct (N1 et N2) sur du papier absorbant et le laisser sécher à l'air libre à l'abri de la lumière et de l'humidité (Figure 17 A) ;
- Après séchage, tamiser le sol à l'aide d'un tamis à 2mm (Figure 17 B).



Figure 17 : Séchage et tamisage du sol échantillonné.

Le potentiel hydrogène indique selon une échelle logarithmique de 0 à 14 unités, si le sol est neutre (pH=7), acide (pH < 7) ou basique (pH > 7). La quantité d'ions H^+ contenus dans la solution du sol indique son pH et donc son acidité, pour le déterminer, il faut :

- Peser 5g de chaque sol en respectant les stations et les niveaux. Nous les avons disposés par la suite dans des bouteilles en verre à milieu stérile auxquels nous avons rajouté 25ml d'eau distillée (Figure 18 A) ;
- Agiter à l'aide d'un agitateur pendant 10 min et laisser poser 2 h à température ambiante ;
- Procéder à l'analyse du pH eau au laboratoire grâce au pH mètre, afin d'estimer l'acidité du sol de chaque station (Figure 18 B).

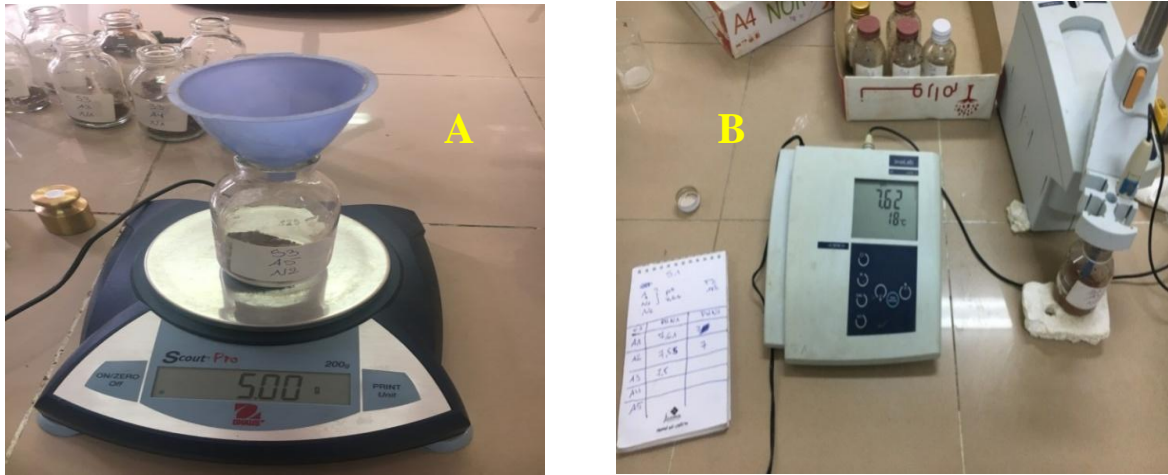


Figure 18 : Photos montrant les étapes suivies pour mesurer le pH.

Partie I : Résultats

Au cours de cette présente expérimentation, nous avons réalisé 2 sorties, la première le 12 juillet 2021 à des fins d'observation et de prospection des lieux et la 2^{ème} le 1^{er} octobre pour réaliser l'échantillonnage de la macrofaune du sol. Ce chapitre comporte la comparaison établie entre les deux images satellitaires (2003 et 2021) et l'évolution des changements qu'a subit le milieu, ainsi que l'analyse de la macrofaune recensée dans les 3 stations étudiées. Les résultats obtenus seront exploités et expliqués grâce aux indices écologiques de composition et de structure.

1- Comparaison des images satellitaires

L'analyse de la figure (19 A), montre l'état de l'occupation des sols de la zone étudiée en 2003, elle permet d'observer la présence de quelques infrastructures, d'un réseau routier délimité et d'une végétation peu dense. En revanche, en 2021 nous pouvons observer la présence de nouvelles infrastructures, et avec des visites effectuées sur le terrain nous avons constaté une amélioration de l'état du réseau routier et d'une végétation qui a repris dans les zones peu denses de 2003 qui peut être expliqué par la fréquence des incendies (Figure 19B).



Figure 19 : Evolution de l'occupation des sols de Tikjda(Google Earth Pro, 2021). A : en 2003 ; B : 2021.

2- Résultats de la prospection des 3 stations prises en considération pour l'étude le macrofaune

La figure (20 A) montre les débris de construction retrouvés dans la profondeur du niveau N2 de l'arbre (2) de la station 1.

Les figures (20 B, C, D, E, F et G) montrent une forte dégradation du sol et de la végétation dans la station 2 par les effluents. Nous remarquons également des sujets d'arbres dépéris répartis dans un périmètre d'environ 100m² atteint par les eaux usées issues des déversements de l'hôtel.

3- Analyse du macrofaune du sol

3-1- Résultats du pH des 3 stations

Les résultats du pH révèlent que dans la station 1, le pH en moyenne est neutre et tend légèrement à être alcalin et il varie entre 7 et 7.2. En revanche, dans la station 2 le pH en moyenne est relativement acide, il oscille entre 6.2 et 6.6. Quant au pH de la station 3, celui-ci présente une valeur moyenne de 6.5 ce qui indique que le sol dans cette station est plutôt acide. Selon la Figure (21), le niveau N1 de la station 1 présente des valeurs de pH plus alcalines que dans le niveau N2 qui présente des valeurs plus acides.

Dans la station 2, les valeurs de pH les moins acides sont représentées dans le niveau N1 et les plus acides sont représentées dans le niveau N2. Par contre, dans la station 3, les valeurs sont quasiment identiques dans les niveaux N1 et N2.

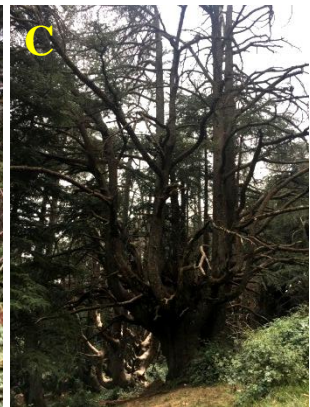
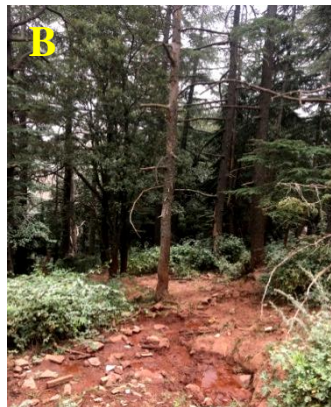




Figure 20 : Photos des trois stations étudiées. **A** : débris de construction ; **B** : effluents au pied d'un arbre dépérit ; **C et D** : sujets d'arbre dépéris ; **E, F et G** : eaux usées issues de l'hôtel Tikjda (Hami, 2021).

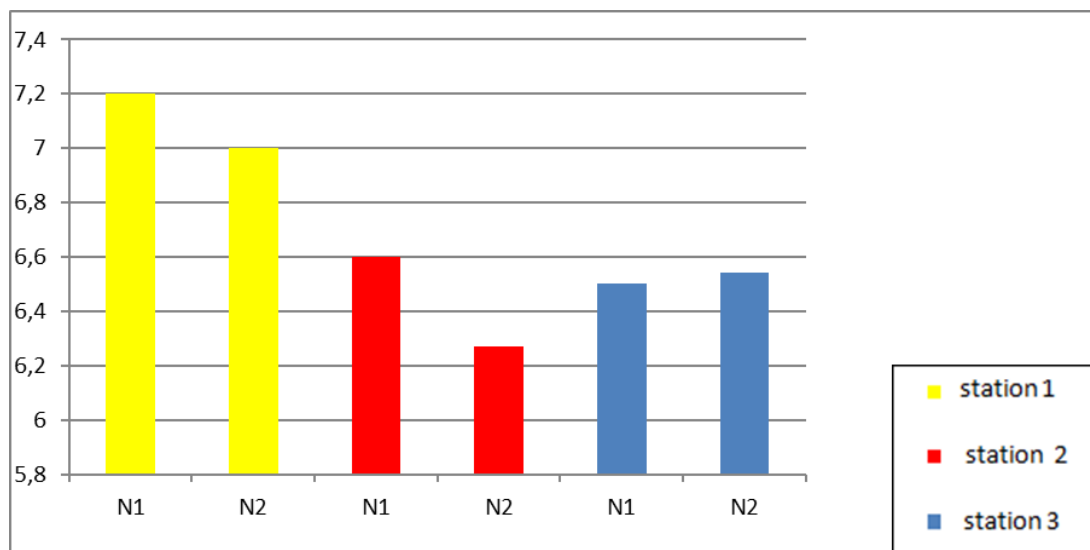


Figure 21 : Variation du pH selon les niveaux de profondeurs de chaque station.

3-2- Résultats de la macrofaune du sol

Les résultats obtenus nous ont permis de d'estimer un total de 896 individus. Ces résultats nous indiquent l'existence d'une différence de l'abondance de la biodiversité entre les 3 stations.

3-2-1- Station 1

Les résultats obtenus font état d'une estimation de 176 ind/m² répartis en 5 espèces avec une abondance relative de 19.64% et un indice de Shannon de 1.68. Nous remarquons, dans cette station, que l'espèce la plus abondante est *Myriapoda* sp avec une abondance relative de 63,64% (Figure 22).

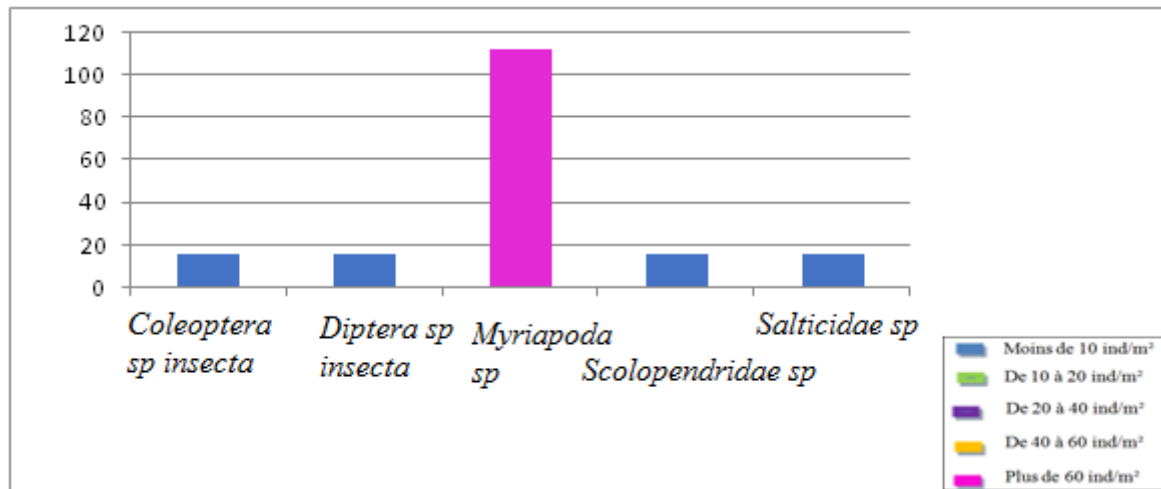


Figure 22: Richesse spécifique et abondance des macro-invertébrés du sol de la station 1.

3-2-2- Station 2

Les résultats obtenus font état d'une estimation de 80 ind/m² répartis en 3 espèces avec une abondance relative de 8.93% et un indice de Shannon de 1.58. Nous remarquons dans cette station que les espèces les plus abondantes sont *Lyanidae sp* et *Staphilionedae sp* avec une abondance relative de 40% chacune par rapport à *Aphodius sp* qui a une abondance relative de 20% soit, plus faibles que les deux autres (Figure 23).

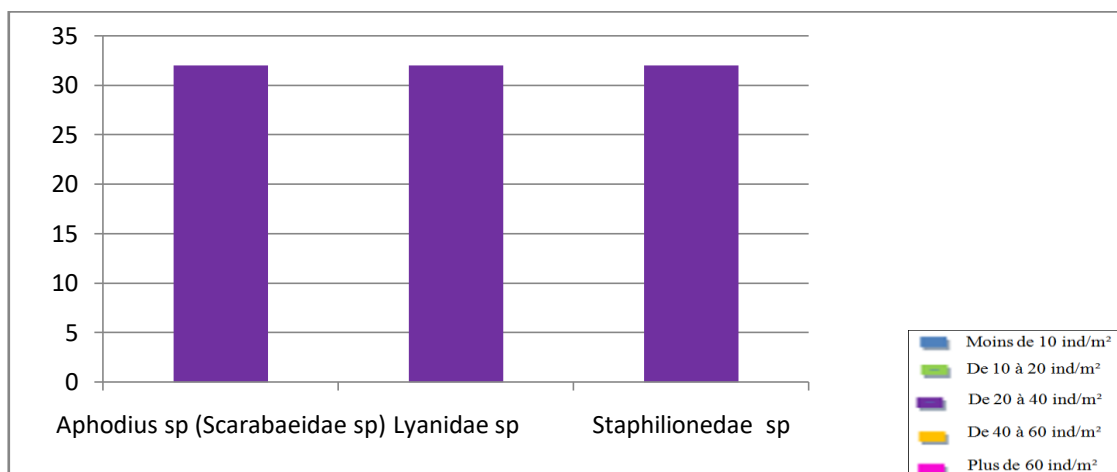


Figure 23 : Richesse spécifique et abondance des macro-invertébrés du sol de la station 2.

3-2-3- Station 3

Les résultats obtenus font état d'une estimation de 640 ind/m² répartis en 14 espèces avec une abondance relative de 71.43% et un indice de Shannon de 2.97. Dans cette station l'espèce la plus abondante est *Iulus sp* avec une abondance relative de 32,5%, suivie de *Myriapodae sp* avec une abondance relative de 25% et de *Aphodius sp* avec une abondance relative de 10% par rapport aux autres espèces qui ont des abondances relatives faibles (Figure 24).

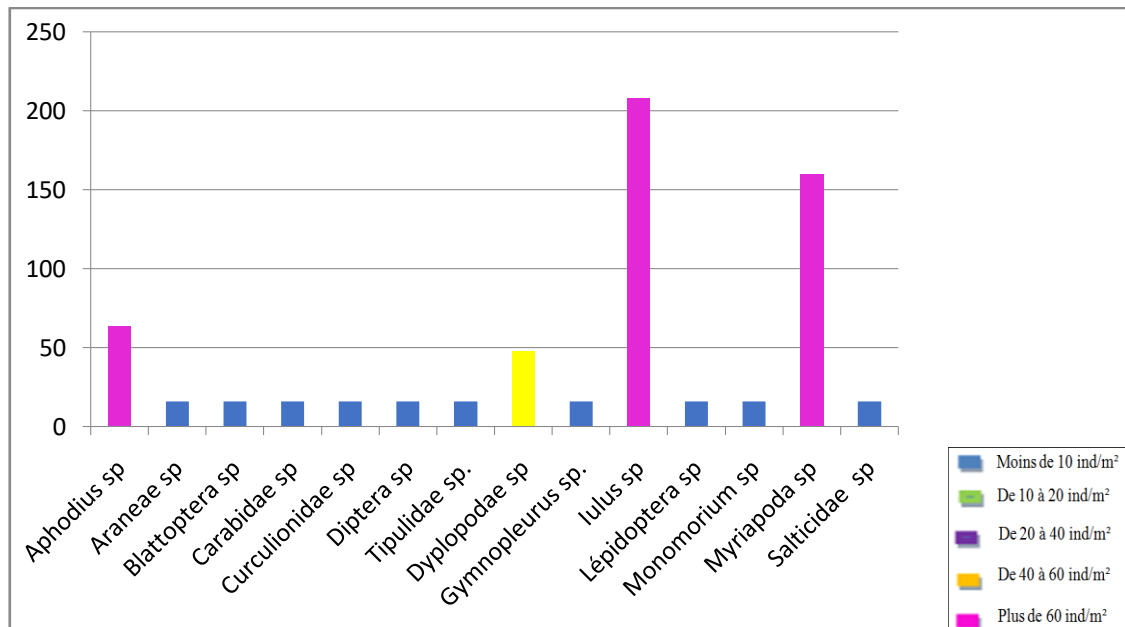


Figure 24: Richesse spécifique et abondance des macro-invertébrés du sol de la station 3.

Partie II : Discussion

La discussion va traiter les deux parties citées dans le chapitre 4 (résultats). Tout d'abord, la première partie concernera l'analyse diachronique de l'occupation des sols du site étudié. Ensuite, la deuxième partie concernera l'analyse du pH et l'étude de la macrofaune du sol des 3 stations prises en compte et de ce fait conclure par l'évaluation de l'action anthropique exercée sur les écosystèmes.

1- Discussion de la comparaison des images satellitaires de l'occupation des sols du site Tikjda

En s'appuyant sur la figure (19 A, B), nous pouvons constater qu'effectivement, le milieu a subi des évolutions et des changements d'origine anthropiques de 2003 à 2021.

En effet, nous remarquons des différences importantes de l'occupation du sol. En 2003, certaines infrastructures présentes actuellement (2021) n'existaient pas à cette époque, telles que le stade construit en 2020, l'héliport construit en 2012, l'extension de l'hôtel Tikjda, l'écomusée créé en 2011 et l'unité de sensibilisation en 2012 ainsi que l'apparition de nombreuses constructions.

Toutes ces modifications sont perçues comme une fragmentation de l'habitat des organismes vivants pouvant causer des perturbations dans les interactions entre ces organismes et dans les cycles biogéochimiques.

2- Discussion des résultats la macrofaune du sol grâce aux indices écologiques et au pH

2-1- Diminution de la macrofaune en relation avec la dégradation du milieu

Les résultats obtenus dans les 3 stations nous ont permis de mettre d'estimer l'existence d'un nombre total de 896 individus répartis en 22 espèces.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à l'étude du cèdre de l'Atlas, cependant, les études sur la pédofaune sous cèdre sont peu connues.

Par ailleurs, l'étude réalisée par Soutou *et al.* (2015) sur le Pin d'Alep, étant également un conifère, bien qu'il présente des conditions de vie différentes de celles du cèdre, elle révèle une biodiversité et densité d'espèces plus élevée comparativement à notre étude notamment la station 3 qui représente la station de référence qui n'a pas subi de dégradations d'origine anthropique. Il en résulte un indice de Shannon de 2.97, et un indice d'équitabilité ($E=0.76$) qui tend vers 1 ce qui nous indique que le milieu est favorable, et que les espèces au sein de la communauté sont en équilibre et diversifiées.

Toutefois il présente une densité et abondance de biodiversité moins élevée que dans l'étude sur le Pin d'Alep de Soutou *et al.* (2015). Les résultats peuvent être interprétés par la période d'échantillonnage qui coïncide avec la fin de la période sèche et le début de la période automnale. D'après Ganault (2020), une sécheresse prolongée diminue l'abondance de la pédofaune, notamment aux plus hauts niveaux trophiques (prédateurs et omnivores), favorisant les nématodes microbivores plus résistants aux stress environnementaux.

La nature des dégradations de la station 1 induit une diminution d'abondance et de biodiversité, les résultats de l'abondance relative (19.64%) et l'indice d'équitabilité ($E=0.72$) nous indiquent la dominance d'une espèce qui est *Myriapoda* sp et démontre qu'il existe un déséquilibre au sein de cette communauté. L'indice de Shannon est de 1.68, il démontre que notre station est très peu diversifiée en macrofaune.

La sur fréquentation (surpâturage, piétinement, compaction du sol) peuvent provoquer cette diminution de la macrofaune. La porosité et les échanges gazeux ont donc été potentiellement perturbés. D'après Emmerling (2001) le retournement du sol comme celui qu'a subit cette station pendant la construction de l'infrastructure à proximité a probablement modifier sa porosité, l'habitat des organismes qui y vivent et affecter ainsi leur répartition des organismes leur abondance et leur diversité (Bouthier *et al.*, 2014).

Dans la station 2 dégradée par les effluents, l'abondance des macro-invertébrés du sol est de l'ordre de 8.93% soit plus faible que les deux autres stations qui représentent 19,64% pour la station 1 et 71,43% pour la station 3. L'indice de Shannon est de 1.52, il indique que la station est la moins diversifiée en espèces comparativement à la station 1 et la station 3 (station de référence) qui elle indique un indice de Shannon de 2.97. L'indice d'équitabilité est de 0.96 il nous indique la domination des espèces *Staphilionedae* sp, *Lyanidae* sp, *Scarabaeidae* sp.

2-2- Discussion des résultats du pH

Les résultats de l'analyse du pH ont démontré que les trois stations prises en considérations présentent des valeurs moyennes de $\text{pH} \leq 7$. En effet, la station 3 saine présente une valeur moyenne de $\text{pH} = 6.5$ qui indique un taux faiblement acide qui tend à devenir alcalin ce qui peut s'expliquer par les caractéristiques du cèdre de l'Atlas qui est un conifère doté d'une nature de la litière de composée des aiguilles de l'arbre, ce qui contribue fortement à l'acidification du sol. Ajouté à cela, la faculté de la rhizodéposition qui favorise

l'augmentation de l'acidification des sols (Nguyen, 2007), comme il a été démontré par les résultats obtenus par Ponge (1984) dans leur étude de la répartition de la pédofaune dans trois humus forestiers de *Pinus sylvestris*, *Quercus petraea* et un peuplement mixte sur quatre horizons pédologiques ont démontrés que les résineux sont assez acidifiant du sol ($\text{pH} \leq 3.29$) par rapport aux feuillus et aux peuplements mixtes.

L'acidité d'un sol est le résultat d'une évolution très lente dominée par trois processus majeurs: l'activité biologique qui produit de l'acidité, la dissolution des roches de nature calcaire et des sols qui produit de l'alcalinité et le drainage qui élimine ou non de l'alcalinité ou de l'acidité. Les minéraux primaires sont issus de l'altération des roches. Sauf exception, leur dissolution libère un excès de bases (OH^- , CO_3^{2-} ...), qui proviennent de roches dites «basiques» ou «acides».

En dehors des carbonates finement divisés, plus solubles, leur vitesse de dissolution est très lente de sorte qu'ils interviennent peu dans la valeur instantanée du pH du sol. En revanche, par leur production d'alcalinité, ils limitent l'acidification des sols sur le long terme. Cette conclusion peut expliquer la valeur moyenne de pH (≤ 7.2) qui tend vers l'alcalinité dans la station 1, car en effet, le sol a sûrement dû être retourné lors de la construction de l'héliport qui se trouve à proximité, des débris de constructions ont d'ailleurs été retrouvés dans le niveau N2 de l'arbre 2 de cette station (Figure 20 A) confirmant qu'il y a bien eu un retournement de sol.

En revanche, dans la station 2 dégradée par les eaux usées issues de l'hôtel, comme illustré dans les figures (20 E, F, G), le pH est plus acide. L'hôtel ne possédant pas de système de traitement des eaux usées, laisse écouler celles-ci à même le sol. Les eaux usées contiennent une quantité importante de détergents composés de tensioactifs et d'adjuvants – molécules qui facilitent et augmentent l'efficacité du nettoyage des saletés-.

Ces molécules sont particulièrement toxiques pour la pédofaune et augmentent probablement l'acidité des sols. Additionnée aux caractéristiques acidifiantes du cèdre de l'Atlas, cela peut expliquer la valeur du pH dans la station 2 d'une valeur moyenne de 6.6.

La toxicité de ces composés chimiques peut modifier la composition chimique et biologique du sol. Ceci peut provoquer une diminution de la biodiversité, se traduisant par une baisse de l'abondance des macro-invertébrés du sol de cette station qui est de l'ordre de 8.93%. Un dépérissement du cèdre est observé dans cette station (Figure B, C, D). Dans un périmètre de 100m² environ, atteint par les effluents, une quinzaine d'arbres ont dépéris.

Selon Connell (1978), une baisse ou une augmentation de la biodiversité peut être attendue suivant le degré de perturbation des sols. En théorie, dans les systèmes jeunes peu stables, comme c'est le cas dans les stations 1 et 2 dégradées, qui représentent des systèmes issus de la fragmentation du milieu, une diminution de biodiversité est observée. Cette diminution peut conduire à une perte de fonctionnalité du sol (Amossé, 2014).

En effet, lors d'une perturbation, notamment engendrée par les activités humaines, les communautés d'espèces peuvent changer et ainsi modifier les fonctions « normales » ou la résilience des sols (Naeem & Wright, 2003 ; Griffiths & Philippot, 2013) à plus ou moins long terme.

Suite à notre étude, un ensemble de conclusions et d'observations peuvent être émises. En effet, l'urbanisation du site de Tikjda tend à s'accélérer et à s'étendre ces dernières années, avec l'installation de nouvelles infrastructures (stades, auberge, aires de détente, mosquée...), comme nous avons pu l'observer dans les résultats obtenus dans notre étude. Effectivement, entre 2003 et 2021, on remarque des modifications importantes provoquant une fragmentation de l'écosystème, ce qui n'est pas sans conséquences négatives sur l'équilibre écosystémique.

Si l'hétérogénéité des sols urbains permet la création de nouveaux habitats pour de nombreuses espèces, elle peut être aussi à l'origine d'une baisse de la biodiversité liée aux multiples perturbations causées par cette urbanisation. En écologie, la relation entre la diversité biologique et le fonctionnement des écosystèmes est un thème clé. C'est ce qu'ont démontré les résultats obtenus dans la présente étude sur la diversité et l'abondance de la macrofaune du sol recensée dans les trois stations prises en compte (1, 2, 3).

Les stations (1 et 2) dégradées par différentes actions anthropiques sont en effet fragmentées par l'installation d'infrastructures, ce qui a probablement donné lieu à de nouveaux écosystèmes fragiles et instables comparé à la station de référence (3) qui elle, se trouve loin des infrastructures et représente un écosystème sain et stable.

En effet, les résultats de l'indice de Shannon de la station 1 indiquent 1.68 et une densité de la population de 19,64%. Ces indices démontrent que la station est très peu diversifiée et faiblement abondante en macrofaune, sans doute sous l'influence de la surfréquentation qu'a subi le milieu. La station 2 présente un indice de Shannon de 1.52 et une densité de la population de 8,93%, ce qui indique que cette station est la moins diversifiée et la moins dense en macrofaune comparativement à la station 1 et à la station 3 (station de référence) qui elle présente un indice de Shannon de 2,97 et une densité de la population de 71,43%, soit plus diversifiée, plus abondante en macrofaune et donc plus stable que les stations dégradées (1 et 2).

Les impacts induits par la fréquentation de ces infrastructures ne sont pas correctement évalués, de ce fait, Tikjda est exposée à des pollutions sous différentes formes, et aucun dispositif d'atténuation n'est mis en place. Dans ce cas il faudrait, avant de procéder à quelque construction ou activité au sein de ce site, réaliser une évaluation environnementale afin de prévenir les éventuels risques que pourraient engendrer ces activités sur les écosystèmes, bien qu'il soit primordial d'arrêter toute action anthropique au sein de ce site.

Il serait aussi intéressant, suite à ce constat, de réaliser une étude de la macrofaune bioindicatrice de la qualité des sols dans les stations prises en considération dans cette présente étude. Cela en implantant un observatoire, afin d'évaluer l'impact des pollutions provoquées par les infrastructures au sein du site de Tikjda, avec toutes les conséquences que celles-ci peuvent avoir sur l'ensemble des écosystèmes, et de ce fait, mettre en place des stratégies afin de mieux expliquer et prédire le changement de fonctionnement du sol et protéger ces écosystèmes.

La mise en place d'un plan de gestion du parc, qui serait plus respectueux de l'environnement, est essentiel, en intégrant le concept de l'écotourisme, en gérant le flux touristique et adopter des activités intégratives et de sensibilisation des populations qui visent à protéger ce territoire de conservation.

1. **Alileche, A. (2012).** Etude du dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans la cédraie des Aurès (Doctoral dissertation, Alger).
2. **Amossé, J. (2014).** *La faune du sol comme indicateur de la qualité des sols urbains : étude des communautés de vers de terre, d'enchytréides et de nématodes et de leurs relations avec des sols d'âges différents* (Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel).
3. **Andrieux, V (2021),** Le jour du dépassement (WWF France).
4. **Aubertin, C. (2002).** Le Sommet de Johannesburg : pauvreté contre environnement ? NSS, 2002, vol. 10, n° 3. 5.
5. **Baize, D. et Jabiol, B. (1995).** Guide pour la description des sols. Quae.
6. **Bara, M. et Noual Khiter, A. (2017).** Le Parc national du Djurdjura Une biodiversité à mieux faire connaître. Art., Univ.de Brouira. Laboratoire BEE, Faculté SNV-STU, Université de Guelma.
7. **Barbault, R. (1981).** Ecologie des populations et des peuplements. Ed., Masson.et C, Paris, 200p.
8. **Barbault, R. (2008) –** Écologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère (Sixième édition revue et augmentée). Ed., Dunod, Paris 390 p.
9. **Bartenstein, K. (2005).** Les origines du concept de développement durable. Revue juridique de l'Environnement. Tome 3 p. 289-297.
10. **Barthod, C. (1993).** La conférence des Nations-Unies sur l'environnement et le développement (Rio de Janeiro, 3-14 juin 1992) et la forêt. Revue forestière française.
11. **Belloula, S. (2020).** Caractérisation des facteurs écologiques influents sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (Doctoral dissertation, UB1).
12. **Benmouffok, A. (1995).** Description de formations à " *Cedrus atlantica*" Manetti du massif central du Djurdjura (Algérie). *Cahiers Agricultures*, 4(5), 383-387.
13. **Blanchart, A., Sere, G., Cherel, J., Warot, G., Stas, M., Consales, J. N., & Schwartz, C. (2017).** Contribution des sols à la production de services écosystémiques en milieu urbain—une revue. *Environnement Urbain/Urban Environment*, (Volume 11).
14. **Blondel, J. (1979).** Biogéographie et écologie. Ed., Masson, Paris, 173p.
15. **Bodoy, A. (1976).** Etude de l'influence de la température, liée à la pollution thermique, sur la survie et la biologie de quelques mollusques des substrats meubles. In *Journées de la thermoécologie*.

16. **Boudy, P. (1950).** Economie forestière Nord-africaine-Tome 2 : monographies et traitements des essences forestières.
17. **Bouthier, A., Pelosi, C., Villenave, C., Peres, G., Hedde, M., Ranjard, L., ... & Piron, D. (2014).** Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique. Faut-il travailler le sol, 85-108.
18. **Browman, H. I. (2000).** Evolution of fisheries science. *Marine Ecology Progress Series*, 208: 299–313.
19. **Brundtland, G.H (1987).** What is sustainable development. *Our common future*, 8(9).
20. **Buza, D., Mititelu, A., & Macovei, G. (2021).** L'influence des nouvelles technologies. In *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor* (Vol. 1, pp. 367-370).
21. **Claracq, P, 2014.** Etude géologique de la région de Tikjda et du massif de l'Akouker-Thaltatt dans le Djurdjura central-Algérie, Université de Grenoble.
22. **Coad, L., Fa, JE, Abernethy, K., Van Viet, N., Santamaria, C., Wilkie, D., ... & Nasi, R. (2019).** *Vers une filière viande sauvage durable, participative et inclusive*. CIFOR.
23. **Coineau, Y., (1974).** Introduction à l'étude des microarthropodes et de ces annexes. Ed. Doin, 117p.
24. **Collignong, B, & Maires. R. (1984).** Le massif du Djurdjura. Eléments de synthèse sur l'hydrogéologie et la spéléogénèse. *Spelunca. Bulletin*, (15), 25-28.
25. **Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED), (1987).** Notre avenir à tous. Organisation des Nations Unies.
26. **Conover, D. O. & Munch, S. B. (2002).** Sustaining fisheries yields over evolutionary time scales. *Science*, 297 : 94–95.
27. **Daghri, T., & El Omari, S. (2015).** Du tourisme de masse au tourisme rural au Maroc: le cas de la commune rurale d'Asni. *Études caribéennes*, (31-32).
28. **Dajoz, R. (1975).** Précis d'écologie. Ed., Dunod, Paris, 433P.
29. **Dambrine, E., & Tessier, D. (2001, May).** Acidité et acidification des sols, une introduction. In *Colloque*.
30. **Debieche, T. H. (2002).** *Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle: application à la basse plaine de la Seybouse Nord-Est algérien* (Doctoral dissertation, Besançon).
31. **Derridj, A. (1990).** Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie (Doctoral dissertation, Toulouse).

32. **Djoumi, MA. (2018).** Mémoire de Master : Contribution à l'étude de la variabilité situationnelle sur la croissance radiale du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau de Tikjda (Massif Djurdjura).
33. **Dudley, N. (Ed.). (2008).** Lignes directrices pour l'application des catégories de gestion aux aires protégées. IUCN.
34. **Duffy, JE. (2003).** Perte de biodiversité, déséquilibre trophique et fonctionnement des écosystèmes. *Lettres d'écologie*, 6 (8), 680-687.
35. **Emmerling, C. (2001).** Réponse des communautés de vers de terre à différents types de travail du sol. *Applied Soil Ecology*, 17 (1), 91-96.
36. **Festa-Bianchet, M. (2003).** Exploitative wildlife management as a selective pressure for the life history evolution of large mammals. In Festa-Bianchet, M. & Apollonio, M., editors, *Animal Behavior and Wildlife Conservation*, pages 191–207. Island Press, Washington.
37. **Flandrin, J. (1952).** La chaîne du Djurdjura. XIX^{ème} congrès géologique international. Alger. Monographie régionale.
38. **Ganault, P. (2020).** Interactions plantes-macro invertébrés du sol dans les forêts européennes : structuration des communautés et interactions avec la microfaune en contexte de changement climatique (Doctoral dissertation, Université Montpellier).
39. **Garel, M. (2006).** Conséquences de la chasse et des contraintes environnementales sur la démographie des populations d'ongulés. *L'exemple du mouflon méditerranéen*.
40. **Giller, P, S. (1996).** The diversity of soil communities, the 'pour man's tropical rainforest'. *Biodiversity and conservation* ; 5 : 135-168.
41. **Gresselin, F, Hericher, S, Le Gouee, P. (2015).** Les sols « Les sols nourrissent l'humanité », Profil environnemental régional de Basse-Normandie.
42. **Griffiths, BS, & Philip pot, L. (2013).** Aperçu de la résistance et de la résilience de la communauté microbienne du sol. *Revue de microbiologie FEMS*, 37 (2), 112-129.
43. **Guerchouh, M. (2020).** Développement durable et gouvernance environnementale : la place de la participation citoyenne. *Revue algérienne d'économie et gestion*, 14(2), 1-25.
44. **Harris, R. B., Wall, W. A., & Allendorf, F. W. (2002).** Genetic consequences of hunting: what do we know and what should we do? *Wildlife Society Bulletin*, 30:634–643.

45. **Huang, C., Z. Zhou, C. Peng, M. Teng et P. Wang. (2019).** How is biodiversity changing in response to ecological restoration in terrestrial ecosystems? A meta-analysis in China, *Science of The Total Environment*, vol. 650, Part 1, pp. 1-9.
46. **Jiménez, M. S. (2016).**Parcs nationaux en transition vers des parcs nationaux naturels anthropisés (PN) Étude comparative de trois parcs nationaux naturels habités du Continent américain (Colombie, Guyane française, Québec) (Doctoral dissertation, Université de Pau et des Pays de l'Adour).
47. **Johnson, C. K., P. L. Hitchens, P. S. Pandit, J. Rushmore, T.S. Evans, C. C. W. Young et M. M. Doyle. (2020),** Global shifts in mammalian population trends reveal key predictors of virus spillover risk.
48. **Journal officiel de la république algérienne n°43.**
49. **Kroodsma, DA, Mayorga, J., Hochberg, T., Miller, NA, Boerder, K., Ferretti, F., ... & Worm, B. (2018).** Suivi de l'empreinte mondiale de la pêche. *Sciences*, 359 (6378), 904-908.
50. **Laoudj, AH et Dadi, T. (2003).** Mémoire de Master ummto soutenu le : 15/10/2003 : Approche socio-économique de l'activité pastorale au Parc National du Djurdjura.
51. **Larbi, R., (2015).** Analyse de la diversité floristique et de la phytodynamique de la série de végétation à *Cedrus atlantica* au Djurdjura Centro-méridional (Secteur de Tikjda) Mémoire, Magistère, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou 23p.
52. **Law, R. (2000).** Fishing, selection, and phenotypic evolution. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 659–668.
53. **Lembrouk. (2019).** Effet de l'anthropisation sur la diversité des communautés microbiennes des sols dégradés, thèse soutenue en 2018 université Ahmed Ben Bella Oran, page 18.
54. **Leonhard, G. (2016).** Technology vs. Humanity : The coming clash between man and machine. *Future Scapes*.
55. **M.A.C.C, Université de Tizi-Ouzou, Institut d'Agronomie, 15000. Tizi-Ouzou. Algérie.**
56. **Mantyka-pringle, CS., Martin, T. G., & Rhodes, J. R. (2012).** Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis. *Global Change Biology*, 18(4), 1239-1252.
57. **Mathieu, C. (2020).** La dégradation des sols en France et dans le monde, une catastrophe écologique ignorée. Le sol, l'épiderme vivant de notre planète université de Lyon.

58. **Merabet, K., & Mouzni, K. (2012).** Potentialités de la biodiversité à l'écodéveloppement en zones de montagnes : cas du Parc National du Djurdjura.
59. **Mien, E. (2020).** Y'a-t-il des limites à la croissance ? Le « Rapport Meadows » et ses prolongements actuels. *Regards croisés sur l'économie*, (1), 208-214.
60. **Millenium Ecosystem Assesment (MEA) (2005).** Rapport de synthèse de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, 59 p.
61. **Millian, J. et Rodary, E (2008).** Les parcs nationaux dans le monde, un aperçu cartographique. S. Héritier, L. Laslaz, *Les parcs nationaux dans le monde. Protection, gestion et développement durable*, Paris, Ellipses, p. 33-44.
62. **Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie**, France.
63. **Monfort, D., Limasset, E., Mossman J-R., Lafeuille Ch. et Demeyer L., (2020).**Sensibiliser les acteurs de l'aménagement à l'importance des fonctions du sol et des services rendus lors de projets de reconversion de friches urbaines : retour d'expérience en métropole lilloise *Etude et Gestion des Sols*, 27, 377-392.
64. **Monomakhoff, P. (1971).** Les parcs nationaux dans le monde. *Revue Forestière Française*, 1971, S, fascicule thématique " Les parcs nationaux français".
65. **Mousslim, B., & Nouel-Kheiter. A. (2017).**Le Parc national du Djurdjura une biodiversité à mieux faire connaître. *Le courrier de la nature*, 307, 36-40. (Mousslim et Nouel-Kheiter).
66. **Naeem, S., & Wright. JP (2003).** Démêler les effets de la biodiversité sur le fonctionnement des écosystèmes : trouver des solutions à un problème apparemment insurmontable. *Lettres d'écologie*, 6 (6), 567-579.
67. **Nguyen, C. (2007).** La libération de composés organiques par les racines (rhizodéposition) : modélisation et impact sur la biodisponibilité des éléments minéraux pour les plantes (Doctoral dissertation).
68. *nourrissent l'humanité », Profil environnemental régional de Basse-Normandie,*
69. **Paillat, G., & Butet, A. (1994).** Fragmentation et connectivité dans les paysages : importance des habitats corridors pour les petits mammifères. *Arvicola*, 6, 5-12.
70. **Perreau, S., Pauchard, J. C., &Hafiani, EM. (2021).** Développement durable : définition, concept et construction historique. *Le Praticien en Anesthésie Réanimation*, 25(4), 175-180.
71. **Perrin, A. (2021).** Fragmentation des habitats et interactions hôtes-parasites (Doctoral dissertation, Bourgogne Franche-Comté).

72. **Pesson, P. (Ed.). (1971).** La vie dans les sols : aspects nouveaux études expérimentales. Gauthier-Villars.
73. **Ponge, JF (1984).** Etude écologique d'un humus forestier par l'observation d'un petit volume, premiers résultats. I. La couche L1 d'un moder sous pin sylvestre. *Revue d'Écologie et de biologie du sol*, 21 (2), 161-187.
74. **Rabhi, K., Tafer, M., & Messaoudene, M. (2014).** Évolution des proportions d'aubier et de duramen du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* Manetti, en Algérie. *Bois & forêts des tropiques*, 322, 77-87.
75. **Ramade, F.(1984)** – Elément d'écologie. *Ecologie Fondamentale*. Ed., Mc GrawHill, Paris, 397p.
76. **Ratner, S. & Lande, R. (2001).** Demographic and evolutionary responses to selective harvesting in populations with discrete generations. *Ecology*, 82: 3093–3104.
77. **Rochet, M.-J., Cornillon, P.-A., Sabatier, R., & Pontier, D. (2000).** Comparative analysis of phylogenetic and fishing effects in life history patterns of teleost fishes. *Oikos*, 91 : 255–270.
78. **Saïdani, H. (2011).** Recherche bioécologique sur le bombyx disparate, *Lymantria dispar*l. (Lépidoptèra, Lymantridae) dans la yeuseraie de M'Zarir (Djurdjura).
79. **Salas Lopez, A. (2016).** Thèse pour le doctorat en Physiologie et biologie des organismes populations interactions, thème e : effets de l'anthropisation sur la diversité fonctionnelle des fourmis et leur participation dans des processus écosystémiques sous la direction de Jérôme Orivel, école doctorale pluridisciplinaire Soutenance le 29 Septembre 2016 à Kourou.
80. **Smith, KF., M, Goldberg, S, Rosenthal, L. Carlson, J. Chen, C. Chen et S. Ramachandran. (2014).** Global rise in human infectious disease outbreaks. *Journal of Royal Society*, 11: 0950.
81. **Souttou, K., Choukri, K., Sekour, M., Guezoul, O., Ababsa, L., & Doumandji, S. (2015).** Ecologie des arthropodes en zone reboisée de Pin d'Alep dans une région présaharienne à Chbika (Djlefa, Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*.
82. **Sutherland, W. J. (1990).** Evolution and fisheries. *Nature*, 344: 814–815.
83. **Traore, M. (2012).** Impact des pratiques agricoles (rotation, fertilisation et labour) sur la dynamique de la microfaune et la macrofaune du sol sous culture de sorgho et de niébé au Centre Ouest du Burkina Faso.
84. **Tsayem Demaze, M. (2009).** Le protocole de Kyoto, le clivage Nord-Sud et le défi du développement durable. *L'espace géographique*, 38(2), 139-156.
85. **UNICEF. (2020).** Le Fonds des Nations. "Objectifs de développement durable."

86. **Van Vliet, N, et al. (2017).** Développement participatif d'un plan de gestion durable de la chasse villageoise : Guide pratique et exemples d'application en Afrique centrale. (Guide 2). FAO.
87. **Vannier, G. (1971).** Les fourmis, prédateurs permanents de certains types de collemboles. Rev. Ecol. Biol. Sol, 8, 119-132.
88. **Véla, E., & Benhouhou, S. (2007).** Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). Comptes rendus biologies, 330(8), 589-605.
89. **Vitousek, PM, Mooney. HA, Lubchenco. J., & Melillo. JM. (1997).** Domination humaine des écosystèmes de la Terre. Sciences, 277 : 494-499.
90. **Vivien, FD. (1994).** Economie et écologie. Vol. 158. Editorial Abya Yala.
91. **Zemihi, N. (2010).** Mémoire de master Apport du SIG et de la télédétection à la protection des forêts contre les incendies, cas de Tikjda (Parc National du Djurdjura).

Annexe 1

Tableau 1 : Les Parcs nationaux en Algérie.

Les Parcs Nationaux en Algérie			
Les Parcs Côtiers	Les Parcs des zones de montagnes	Les Parcs des zones Steppiques	Les Parcs Sahariens
Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf).	Parc National de Théniet El Had (Wilaya de Tissemsilt).	Parc National de Djebel Aissa (Wilaya de Naama).	Parc National du Tassili (Wilaya d'Illizi).
Parc National de Gouraya (Wilaya de Bejaia).	Parc National du Djurdjura (Wilaya de Tizi Ouzou et Bouira).		Parc National de l'Ahaggar (Wilaya de Tamanrasset).
Parc National de Taza (Wilaya de Jijel).	Parc National de Chréa (Wilaya de Blida).		
	Parc National de Belezma (Wilaya de Batna).		
	Parc National de Tlemcen (Wilaya de Tlemcen).		

Tableau 2 : Les réserves naturelles en Algérie

Les Réserves Naturelles en Algérie
Réserve naturelle de la Macta (Wilaya de Mostaganem, Oran et Mascara)
Réserve naturelle de Mergueb (Wilaya de M'sila)
Réserve naturelle des Beni-salah (Wilaya de Guelma)
Réserve naturelle des Babors (Wilaya de Sétif)
Réserve naturelle marine des Iles Habibas (Wilaya d'Oran)

Tableau 3 : Les zones humides en Algérie d'Importance Internationale (Sites Ramsar) :

Zones Humides en Algérie d'Importance Internationale (Sites Ramsar)		
Aulnaies de Ain Khiair (Wilaya d'El Tarf)	Gueltat d'Affilal (Wilaya de Tamanrasset)	Marais de la Mekhada (Wilaya d'El Tarf)
Chott Ain El Beida (Wilaya de Ouargla)	Gueltat d'Issikarassene (Wilaya de Tamanrasset)	Oasis de Moghrar et Tiout (Wilaya de Naama)
Chott Ech Chergui (Wilaya de Saida, Naama et El Bayadh)	Guerbes (Wilaya de Skikda)	Oasis de Ouled Said (Wilaya d'Adrar)
Chott El Beidha-Hammam Essoukhna (Wilaya de Sétif)	Ile de Rachgoun (Wilaya d'Ain Témouchent)	Oasis de Tamentit et Sid Ahmed Timmi (Wilaya d'Adrar)
Chott El Hodna (Wilaya de M'sila et Batna)	Lac Boulhilet (Entre la wilaya d'Oum El Bouaghi et la wilaya de Batna)	Oglat Edaira (Wilaya de Naama)
Chott Melghir (Wilaya d'El Oued et Biskra)	Lac de Béni Bélaid (Wilaya de Jijel)	Oum Laagareb (Wilaya d'El Tarf)
Chott Merouarne et Oued Khrouf (Wilaya d'El Oued et Biskra)	Lac de Fetzara (Wilaya de Annaba)	Salines d'Arzew (Wilaya d'Oran)
Chott Oum Raneb (Wilaya de Ouargla)	Lac de Réghaia (Wilaya d'Alger)	Sebkha d'Oran (Wilaya d'Oran)
Chott Sidi Slimane (Wilaya de Ouargla)	Lac de Tellamine (Wilaya d'Oran)	Sebkha Ezzémoul (Wilaya d'Oum El Bouaghi)
Chott Tinsilt (Wilaya d'Oum El Bouaghi)	Lac des Oiseaux (Wilaya d'El Tarf)	Sebkhet Bazer (Wilaya de Sétif)
Cirque de Ain Ouarka (Wilaya de Naama)	Lac du Barrage de Bougezoul (Wilaya de Médéa)	Sebkhet El Hamiet (Wilaya de Sétif)
Dayet El Ferd (Wilaya de Tlemcen)	Lac Mellah (Wilaya d'El Tarf)	Sebkhet El Meleh (Lac d'El Goléa) (Wilaya de Ghardaia)

GaraetAnnkDjemel-El Merhssel (Wilaya d'Oum El Bouaghi)	Lac Noir (Wilaya d'El Tarf)	Vallée d'Iherir (Wilaya d'Illizi)
Garaet el Taref (Wilaya d'Oum El Bouaghi)	Lac Oubeira (Wilaya d'El Tarf)	Vallée de l'oued Soummam (Wilaya de Béjaia)
GaraetGuellif (Wilaya d'Oum El Bouaghi)	Lac Tonga (Wilaya d'El Tarf)	Zehrez Chergui (Wilaya de Djelfa)
GaraetTimerganine(Wilaya d'Oum El Bouaghi)	Marais de Bourdim (Wilaya d'El Tarf)	Zehrez Gharbi (Wilaya de Djelfa)
Grotte de GharBoumâaza (Wilaya de Tlemcen)	Marais de la Macta (Wilaya de Mostaganem, Oran et Mascara)	

Annexe 2

Tableau 4 : Quelques conventions, accords et protocoles internationaux adoptés par l'Algérie relatifs la protection de l'environnement : (tiré du site de l'UNESCO, journal national, IUCN)

Conventions, accords et protocoles	Adoption (date et lieu)	Dates de signature ou de Ratification de l'Algérie.	Objectifs
Convention de Barcelone sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée.	Adoptée le 16/02/1976 à Barcelone Amendée le 10/06/1995 à Barcelone	Ratification le 28/04/2004 Décret pré. n° 04-141)	-Protéger l'environnement marin et côtier de la Méditerranée -Encourager l'élaboration de plans régionaux et nationaux contribuant au DD.
Convention relative aux zones humides d'international particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau.	Le 02/02/1971 à Ramsar (Iran)	Adhésion 11/12/ 1982 J.O n° 51 du 11/12/82 Décret n°82-439	- Conservation et utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales, régionales et nationales et coopération international pour

			leur conservation et restauration.
Convention Africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles, modifiée en 2003 à Maputo.	Le 15/09/1968 à Alger	Ratification 11/12/1982 J.O n° 51 du 12/12/82 Décret n°82-440	-La conservation et l'utilisation rationnelle des ressources en sol, en eau, en flore et en faune.
Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages Menaces d'extinctions (CITES).	Le 03/03/1973 à Washington	Adhésion 25/12/1982 J.O n° 55 du 25/12/82 Décret n° 82-498 du 25/12/1982	-Contrôler le commerce des espèces animales ou végétales sauvages qui sont ou qui peuvent être menacées d'extinctions en raison du commerce international.
Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)	Le 09/05/1992 à Rio De Jeniero (Brésil)	Ratification 10/02/1993 J.O n°24 du 21/04/1993 Décretpré.n°93-99	-Faire face aux changements climatiques en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.
Convention sur la diversité biologique (CDB)	Le 05 juin.1992 Rio de Janeiro (Brésil)	Ratification 06/06/1995 J.O n° 32 du 14/06/1995 Décret pré.n° 95-163	-La conservation de la biodiversité ; -L'utilisation durable de ses éléments ; - Le partage équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques.
Convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel.	Le 23/11/1972 A Paris	Ratification 25/07/1973 J.O n° 69 du 28/08/1973 Ord.n°73-38	-Reconnaître l'interaction entre l'être humain et la nature et le besoin fondamental de préserver l'équilibre entre les deux.
Convention de Bâle	Le 22/09/1989	Adhésion	-Réduire la

sur le contrôle des mouvements transfrontalier des déchets dangereux de leur élimination.	Vigueur 05/05/ 1992 Amendée le 22/09/1995	16/05/1998 avec réserve J.O n° 32 du 19/05/1998 Décret prés. n°98- 158 Ratification 22/05/2006 Décret prés. n°06- 170	circulation des déchets dangereux entre les pays.
Convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage.	Le 23/06/1979 A Bonn	Ratification 31/03/2005 J.O n°25 du 06/04/2005 Décret prés.n°05- 108	-Assurer la conservation des espèces migratrices terrestres, marines et aériennes sur l'ensemble de leur aire de répartition.
Statuts de l'Union International pour la Conservation de la Nature et de ses Ressources ainsi que le règlement y relative.	Le 05/10/1948 à fontaineBleau	Ratification 12/03/2006 Décret prés. n°06- 121	-Inciter les sociétés du monde entier à conserver l'intégrité et la diversité de la nature et à veiller à ce que toute utilisation des ressources naturelles soit équitable et écologiquement durable.
Le protocole relatif à la prévention et à l'élimination de la pollution de la mer Méditerranée.	Adoptée le 16/02/1976 à Barcelone Amendée le 10/06/195 à Barcelone	Ratification le 17/01/1981 Décret n° 81-02	-Réglementer l'immersion de certains types de déchets ou de certaines matières.
Protocole relatif aux Aires Spécialement Protégées Méditerranéennes Amendé par : -Le protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la	Adoptée le 03/04/1982 à Genève Entrée en vigueur le 23/03/ 1986. Amendée le 10/06/1995	Ratification le 05/01/1985 Décret n° 85.01 du 05/01/1985 Signature le 10/06/1995	-Promouvoir la coopération en matière de conservation des aires naturelles et de protection des espèces menacées et de leurs habitats.

diversité biologique en Méditerranée.	à Barcelone Entrée en vigueur : le 12/12/1999		
Protocole relatif à la gestion intégrée des zones côtières de la Méditerranée (GIZC).	21/01/2008 (Madrid) Entré en vigueur le 23 mars 2011	Signé par l'Algérie 21/01/2008	- vise à faciliter, par une planification rationnelle des activités, le développement durable des zones côtières en garantissant la prise en compte de l'environnement et des paysages.
Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la Couche d'ozone et amendement.	Le 16/09/1987 à Montréal	Adhésion le 23/09/1992 Décret prés. n° 92-355	- Réduire et à terme d'éliminer complètement les substances qui nuisent à la couche d'ozone.
Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques relatif à la convention sur la diversité biologique.	Le 29/01/2000 A Montréal	Ratification le 08/06/2004 Décret prés. n° 04-170	- Assurer un degré adéquat de protection pour le transfert, la manipulation et l'utilisation sans danger des organismes vivants.
Protocole de Kyoto à la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	Le 11/12/1997 à Kyoto	Ratification le 28/04/2004 Décret prés. n° 2004-144	- vise la réduction des émissions de gaz à effet de serre pour limiter les changements climatiques.

<p>Protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation à la Convention sur la diversité biologique.</p>	<p>Le 29/10/2010 à Nagoya (Japon)</p>	<p>Signé le 02/02/2011</p>	<p>-Vise un partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques de « plantes, animaux, bactéries ou d'autres organismes, dans un but commercial, de recherche ou pour d'autres objectifs.</p>
<p>Accord de Paris sur le climat.</p>	<p>Le 12/12/2015 A Paris</p>	<p>Signé le 22/04/2016</p>	<p>-Renforcer la riposte mondiale à la menace des changements climatiques en maintenant l'élévation de la température moyenne de la planète en deçà de 2 °C par rapport aux niveaux Pré industriels et poursuivre l'action pour limiter l'élévation des températures à 1,5 °C par rapport aux niveaux pré industriels.</p>

Annexe 3

Tableau 7 : estimation de la pluviosité mensuelle pour Tikjda.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Pluviosité mensuelle	163.5	180.2	216.3	126.1	65.6	23.1	3.8	11.5	52.7	83.9	130	203.4	1270.1
Coefficient de tendance mensuelle	0.127	0.140	0.168	0.098	0.051	0.018	0.009	0.009	0.041	0.073	0.101	0.158	/

Tableau 8 : températures moyennes mensuelles de Tikjda.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moyenne annuelle
M	0.9	1.6	2.9	5.1	8.0	12.5	17.3	17.4	13.14	9.2	5.0	1.5	7.9
M	6.4	7.5	10.1	13.1	17.0	22.0	27.8	28.8	24.4	18.1	11.5	7.4	16.1
M+m/2	3.6	4.5	6.5	9.1	12.5	17.2	22.5	23.1	18.9	13.6	8.2	4.4	12.0
M-m	5.5	5.9	7.2	8.0	9.0	9.5	10.5	11.4	11.0	8.9	6.5	5.9	/

Annexe 4

Tableau 9 : Mesure du pH de la station 1.

Station 1	
Niveaux	pH
N1	7.6
N1	7.5
N1	7.5
N1	6.6
N1	6.9
Moyenne	7.2
N2	7
N2	7
N2	7.6
N2	7.7
N2	6
Moyenne	7

Tableau 10 : Mesure du pH de la station 2.

Station 2	
Niveaux	pH
N1	7.2
N1	7
N1	6.9
N1	6.1
N1	5.6
Moyenne	6.6
N2	7.5
N2	6.8
N2	6.8
N2	5.2
N2	4.9
Moyenne	6.2

Tableau 11 : Mesure du pH de la station 3.

Station 3	
Niveaux	pH
N1	6.1
N1	7.5
N1	6.6
N1	6.3
N1	6.3
Moyenne	6.5
N2	6.2
N2	6.2
N2	6.2
N2	6.7
N2	7.3
Moyenne	6.5

Annexe 5**Tableau 12** : Indices écologiques de composition (Abondance relative (AR%)) dans la station 1.

Station 1	Lt		N1		N2		globale	
	Nbr Ind	AR%	Nbr Ind	AR%	Nbr Ind	AR%	Nbr Ind	AR%
<i>Coleoptera sp insecta</i>	0	0	16	12,5	0	0	16	9,09
<i>Diptera sp insecta</i>	0	0	16	12,5	0	0	16	9,09
<i>Myriapoda sp</i>	0	0	80	62,5	32	100	112	63,64
<i>Scolopendridae sp</i>	16	100	0	0	0	0	16	9,09
<i>Salticidae sp</i>	0	0	16	12,5	0	0	16	9,09
total	16	100	128	100	32	100	176	100,00

Tableau 13 : Indices de structure dans la litière (Lt) de la station 1.

H'	0
Hmax	0
E	0

Tableau 14 : Indices de structure dans le niveau (N1) de la station 1.

N1

H'	1,55
Hmax	2,32
E	0,67

Tableau 15 : Indices de structure dans le niveau (N2) de la station 1.

N2

H'	0
Hmax	0
E	0

Tableau 16 : Indices de structure globaux de la station 1.

Global

H'	1,68
Hmax	2,32
E	0,72

Tableau 17 : Indices écologiques de composition (Abondance relative (AR%)) dans la station 2.

Station 2	L		N1		N2		Globale	
	Nbr. Ind	AR%	Nbr. Ind.	AR%	Nbr. Ind.	AR%	Nbr Ind	AR%
<i>Aphodius</i> sp (Scarabaeidae sp)	0	0	16	100	16	33,33	16	20,00
Lyanidae sp	32	100	0	0	0	0,00	32	40,00
Staphilionedae sp	0	0	0	0	32	66,67	32	40,00
total	32	100	16	100	48	100	80	100

Tableau 18 : Indices de structure dans la litière (Lt) de la station 2.

L

H'	0
Hmax	0
E	0

Tableau 19 : Indices de structure dans le niveau (N1) de la station 2.

N1

H'	0
Hmax	0
E	0

Tableau 20 : Indices de structure dans le niveau (N2) de la station 2.

N2

H'	0,92
Hmax	1
E	0,92

Tableau 21 : Indices de structure globaux de la station 2.

Globale

H'	1,52
Hmax	1,58
E	0,96

Tableau 22 : Indices écologiques de composition (Abondance relative (AR%)) dans la station 3.

Station 3	L		N1		N2		Globale	
	Nbr Ind.	AR%	Nbr Ind.	AR%	Nbr Ind.	AR%	Nbr Ind.	AR%
<i>Aphodius</i> sp	16	20	48	9,68	0	0	64	10
Araneae sp	16	20	0	0,00	0	0	16	2,5
Blattoptera sp	16	20	0	0,00	0	0	16	2,5
Carabidae sp	0	0	16	3,23	0	0	16	2,5
Curculionidae sp	0	0	16	3,23	0	0	16	2,5
Diptera sp	0	0	0	0,00	16	25	16	2,5
Tipulidae sp.	0	0	16	3,23	0	0	16	2,5

Dyplopoda sp	0	0	48	9,68	0	0	48	7,5
<i>Gymnopleurus</i> sp.	0	0	16	3,23	0	0	16	2,5
<i>Iulus</i> sp	16	20	176	35,48	16	25	208	32,5
Lépidoptera sp	0	0	0	0,00	16	25	16	2,5
Monomorium sp	0	0	16	3,23	0	0	16	2,5
Myriapoda sp	0	0	144	29,03	16	25	160	25
Salticidae sp	16	20	0	0,00	0	0	16	2,5
Totaux	80	100	496	100,00	64	100	640	100

Tableau 23 : Indices de structure dans la litière (Lt) de la station 3

L

H'	2,32
Hmax	2,32
E	1

Tableau 24 : Indices de structure dans le niveau (N1) de la station 3

N1

H'	2,5
Hmax	3
E	0,83

Tableau 25 : Indices de structure dans le niveau (N2) de la station 3

N2

H'	2
Hmax	2
E	1

Tableau 26 : Indices de structure globaux de la station 3.

Globale

H'	2,97
Hmax	3,91
E	0,76

Résumé

L'étude que nous avons réalisée fait l'objet d'une approche dans l'évaluation de l'impact anthropique subit par le Parc National du Djurdjura qui connaît, ces dernières années, des contraintes de nature anthropique et une évolution rapide d'une urbanisation envahissante du milieu naturel, en particulier dans le site de Tikjda qui nous a paru constituer un objet d'étude intéressant capable d'illustrer l'impact de l'intégration progressive de la dimension anthropique sur le fonctionnement des écosystèmes au sein de ce territoire naturel de conservation. Les résultats obtenus grâce à une comparaison de l'occupation des sols du site de Tikjda entre 2003 et 2021, grâce à des images Google Earth Pro et à un recensement de la pédofaune contenue dans le sol de 3 stations dont 1 et 2 sont dégradées par différentes actions anthropiques et la 3^{ème} est considérée comme la station saine de référence, à laquelle sont comparées les 2 premières stations. Cet échantillonnage est réalisé à la fin de la saison sèche grâce à la méthode du quadrat à 3 niveaux proposée par Coineau en 1974. L'extraction de la macrofaune s'est fait à main nue et des analyses de pH ont été établies. Les résultats de l'inventaire révèlent une estimation d'un nombre total de 896 individus répartis en 22 espèces. Les résultats obtenus ont pu déterminer que la station 3 est la plus diversifiée comparée aux stations 1 et 2 qui ont subi des dégradations. La détermination du pH du sol, nous indique que les sols sous cédraie sont moyennement à fortement acides, celui-ci additionné aux influences anthropiques comme dans la station 1 et 2 peut refléter la faible densité d'espèces dans ces milieux et influencer leur activité, perturbant l'équilibre écologique au sein de ces écosystèmes.

Mots clés : Anthropisation, occupation des sols, pédofaune, biodiversité, écosystèmes.

Abstract

The study that we have conducted is an approach in the evaluation of the anthropic impact suffered by the Djurdjura National Park which knows, in recent years, constraints of anthropic nature and a rapid evolution of an invasive urbanization of the natural environment, especially in the site of Tikjda which seemed to us to be an interesting object of study capable of illustrating the impact of the progressive integration of the anthropic dimension on the functioning of ecosystems within this natural territory of conservation. The results obtained through a comparison of the land use of the Tikjda site between 2003 and 2021, using Google Earth Pro images and a census of the pedofauna contained in the soil of 3 stations, 1 and 2 of which are degraded by various anthropic actions and the 3rd is considered as the healthy reference station, to which the 2 first stations are compared. This sampling is carried out at the end of the dry season using the 3-level quadrat method proposed by Coineau in 1974. The extraction of macrofauna was done with bare hands and pH analyses were established. The results of the inventory reveal an estimated total number of 896 individuals divided into 22 species. The results obtained determined that station 3 is the most diversified compared to stations 1 and 2 which have been degraded. The determination of the soil pH, indicates that the soils under cedar are moderately to strongly acidic, it added to the anthropic influences as in station 1 and 2 may reflect the low density of species in these environments and influence their activity, disturbing the ecological balance within these ecosystems.

Key words: Anthropization, land use, soil fauna, biodiversity, ecosystems.