Etude portant sur l'identification des moteurs de la perte de biodiversité et des secteurs clés impactant la biodiversité en Tunisie

Rapport 3 Provisoire – V1

IMPACT DES SECTEURS ÉCONOMIQUES TERRESTRES SUR LA BIODIVERSITÉ TUNISIENNE

Juin 2021

ORÉADE-BRÈCHE

Ingénierie de l'Environnement et du Développement

Siège social :

2480 L'Occitane - Regent Park 1 - Bât 2 - 31670 Labège – France
Tél. 33 (0)5 61 73 62 62 - Fax. 33 (0)5 61 73 62 90
www.oreade-breche.fr

Agence en charge de la mission :

Agence Ouest 5, rue des Eoliennes – 17220 Saint-Médard d'Aunis
Tél: 05 46 35 91 86 – Fax: 05 46 35 87 94
contact: s.rivain@oreade-breche.fr

SAS au capital de 50000€

TVA CEE 86 385 117 023 00023 – APE 7112B – NAF 142C
SIRET/SIREN : 385 117 023 00049 (siège) / agence 0007

Table des matières

1. CADRE DE L'ANALYSE DES IMPACTS DES SECTEURS ÉCONOMIQUES SUR LA BIODIVERSITÉ 1
1.1. INTRODUCTION 1
1.2. RAPPEL DE LA STRUCTURE DE L'ÉCONOMIE TUNISIENNE 2
1.3. INDICATEURS DE DÉGRADATION DE LA BIODIVERSITÉ 5
1.4. MOTEURS DE L'ÉROSION DE LA BIODIVERSITÉ TERRESTRE 10
2. LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE 12
2.1. EFFETS DE L'AGRICULTURE SUR LA BIODIVERSITÉ 12
2.1.1. IMPACT DE LA CÉRÉALICULTURE SUR LA BIODIVERSITÉ 15
2.1.2. IMPACT DE L'ÉLEVAGE SUR LA BIODIVERSITÉ 18
2.1.2.1. Aperçu sur le secteur de l'élevage en Tunisie 19
2.1.2.1.1. L'élevage bovin 19
2.1.2.1.2. L'élevage ovin 20
2.1.2.1.3. L'élevage caprin 20
2.1.2.1.4. L'élevage camelin 21
2.1.2.2. L'élevage, moteur de l'érosion de la biodiversité 22
2.1.2.2.1. Surexploitation et destruction des espèces 22
2.1.2.2.2. L'élevage, source de gaz à effet de serre 24
2.1.2.3. Conclusion 25
2.1.3. IMPACT DES PESTICIDES SUR LA BIODIVERSITÉ 26
2.1.3.1. Place des pesticides au sein de l'agriculture en Tunisie 27
2.1.3.2. Impacts des pesticides sur la biodiversité 31
2.1.3.2.1. Impacts sur les mammifères et les oiseaux 31
2.1.3.2.2. Impacts des pesticides sur les pollinisateurs 32
2.1.3.2.3. Impacts sur les organismes du sol 32
2.1.4. IMPACTS DE LA PRODUCTION ARBORICOLE SUR LA BIODIVERSITÉ 34
2.1.4.1. Importance du secteur arboricole en Tunisie 34
2.1.4.2. Importance du secteur oléicole en Tunisie 35
2.1.4.3. Impact de la production arboricole et oléicole sur la biodiversité 37
2.1.5. IMPACT DU SECTEUR DES CULTURES IRRIGUÉES SUR LA BIODIVERSITÉ 40
2.1.5.1. Définition et cadre des cultures intensives 40
2.1.5.2. L'agriculture intensive en Tunisie : historique et importance 41
2.1.5.3. Impacts des cultures intensives sur la perte de la biodiversité 44
2.1.6. IMPACT DU SECTEUR FORESTIER SUR LA BIODIVERSITÉ 47
2.1.6.1. Importance du secteur forestier et pastoral en Tunisie 47

2.1.6.2. Atteintes diverses aux écosystèmes forestiers 50
2.1.6.2.1. Le défrichement et l'artificialisation du milieu 50
2.1.6.2.2. Les incendies 51
2.1.6.2.3. Le surpâturage 53
2.1.6.2.4. Les coupes illicites des arbres forestiers et le déboisement 54
2.1.6.2.5. La chasse et le braconnage 56
2.1.6.2.6. Impact de la dégradation des propriétés physico-chimiques du sol 57
2.2. SYNTHÈSE ET CONCLUSION RELATIVE AU SECTEUR DE L'AGRICULTURE 57
3. IMPACTS DU SECTEUR DE L'INDUSTRIE SUR LA BIODIVERSITÉ 59
3.1. INTRODUCTION 59
3.2. INDUSTRIE EXTRACTIVE 61
3.2.1. LES CARRIÈRES 61
3.2.1.1. Généralités sur les carrières 61
3.2.1.2. Importance des carrières en Tunisie 61
3.2.1.3. Impacts des carrières sur l'environnement 62
3.2.1.3.1. Émissions de poussières 64
3.2.1.3.2. Consommation d'espace et impact visuel 64
3.2.1.3.3. Impact sur l'eau et les nappes hydriques 65
3.2.1.3.4. Bruits et vibrations 67
3.2.1.3.5. Les transports routiers 67
3.2.1.4. Impacts des carrières sur la biodiversité en Tunisie 67
3.2.2. LES CIMENTERIES 69
3.2.2.1. Description du secteur des cimenteries 69
3.2.2.2. Impact des cimenteries sur la biodiversité 69
3.2.3. LES BRIQUETERIES ET LES PLÂTRERIES 71
3.2.3.1. Description du secteur des briqueteries et plâtreries 71
3.2.3.2. Impact des briqueteries et plâtreries sur la biodiversité 73
3.2.4. LES MINERAIS DE PHOSPHATE 74
3.2.4.1. IMPORTANCE DU SECTEUR PHOSPHATIER EN TUNISIE 74
3.2.4.2. IMPACT DES ACTIVITÉS D'EXTRACTION DU PHOSPHATE SUR LA BIODIVERSITÉ 77
3.2.4.2.1. Situation générale et impacts 77
3.2.4.2.2. Problèmes de sécurité 78
3.2.4.2.3. Pollution atmosphérique 78
3.2.4.2.4. Bruit et vibrations 79
3.2.4.2.5. Consommation des ressources hydriques 79
3.2.4.2.6. Boues de lavage 80

3.3. INDUSTRIES TEXTILES 83
3.3.1. INTRODUCTION 83
3.3.2. IMPORTANCE DU SECTEUR DU TEXTILE EN TUNISIE 85
3.3.3. IMPACTS DE L'INDUSTRIE TEXTILE SUR L'ENVIRONNEMENT 87
3.3.3.1. Impact du textile pour la santé humaine 87
3.3.3.2. Impact écologique des produits textiles 87
3.3.3.3. IMPACT DU SECTEUR DU TEXTILE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA BIODIVERSITÉ EN TUNISIE 88
3.4. INDUSTRIES DU CUIR ET DE LA CHAUSSURE 89
3.4.1. IMPORTANCE DES SECTEURS DU CUIR ET DE LA CHAUSSURE EN TUNISIE 89
3.4.2. IMPACT DES TANNERIES SUR L'ENVIRONNEMENT 90
3.4.2.1. Impact des tanneries sur le milieu récepteur 90
3.4.2.2. Impact sur la consommation d'eau 90
3.4.2.3. Impact sur les eaux de surface et souterraines 91
3.4.2.4. Impact sur la terre 91
3.4.2.5. Impact sur l'atmosphère 92
3.4.2.6. Impact sur les systèmes de gestion des déchets 92
3.5. INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE 93
3.5.1. GÉNÉRALITÉS 93
3.5.2. IMPORTANCE DU SECTEUR DE L'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE EN TUNISIE ET SON IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ ET L'ENVIRONNEMENT 94
3.5.3. IMPACTS DE L'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE SUR L'ENVIRONNEMENT 96
3.5.4. POLLUTION ENVIRONNEMENTALE PAR LES MARGINES 97
3.6. INDUSTRIES CHIMIQUES 100
3.6.1. INTRODUCTION 100
3.6.2. IMPORTANCE DES INDUSTRIES CHIMIQUES EN TUNISIE 100
3.6.2.1. Branche de la chimie de base 101
3.6.2.2. Branche plastique 102
3.6.2.3. Banche du Caoutchouc et pneumatique 103
3.6.2.4. Branche pharmaceutique 103
3.6.2.5. Branche de la parachimie 104
3.6.2.6. Branche d'autres produits chimiques 105
3.6.3. IMPACTS DES INDUSTRIES CHIMIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT EN TUNISIE 105
4. IMPACTS DU SECTEUR DES SERVICES (SECTEUR TERTIAIRE) SUR LA BIODIVERSITÉ 109
4.1. INTRODUCTION 109

4.2. ACTIVITÉ DU TRANSPORT 110
4.2.1. INTRODUCTION 110
4.2.2. IMPORTANCE DE L'INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT EN TUNISIE ... 110
4.2.3. IMPACT DU SECTEUR DU TRANSPORT SUR LA BIODIVERSITÉ 112
4.3. TOURISME 115
4.3.1. INTRODUCTION 115
4.3.2. IMPORTANCE DU SECTEUR DU TOURISME EN TUNISIE 117
4.3.3. IMPACT DU SECTEUR DU TOURISME SUR LA BIODIVERSITÉ EN TUNISIE 118
4.4. SANTÉ 122
4.4.1. INTRODUCTION 122
4.4.2. IMPORTANCE DES PLANTES MÉDICINALES ET AROMATIQUES EN TUNISIE 123
4.4.3. USAGE DE LA BIODIVERSITÉ DANS LE SECTEUR DE LA SANTÉ : INSTITUT PASTEUR DE TUNIS 126
4.4.4. IMPACT DU SECTEUR DE LA SANTÉ SUR LA BIODIVERSITÉ 126
4.5. EFFETS DES LIGNES ÉLECTRIQUES SUR LA BIODIVERSITÉ 128
4.6. COMMERCE 129
4.6.1. COMMERCE ILLÉGAL D'ESPÈCES SAUVAGES (FAUNE ET FLORE) 129
4.6.2. COMMERCE DE L'IMPORTATION DE SEMENCES 130
4.7. FINANCES 130
4.8. CONCLUSIONS 131
5. EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA BIODIVERSITÉ 132
5.1. INTRODUCTION 132
5.2. IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA BIODIVERSITÉ EN TUNISIE : CAS DES STEPPES D'ALFA (*SIPA TENACISSIMA*) 133
6. IMPACTS DE L'INVASION BIOLOGIQUE SUR LA BIODIVERSITÉ 136
6.1. INTRODUCTION 136
6.2. CAS DE L'INVASION BIOLOGIQUE EN TUNISIE 137
7. CONCLUSION GÉNÉRALE 141
Bibliographie

Table des tableaux

Tableau 1 : Structure de l'économie tunisienne (MDICI, 2019 & INS,2020) 2
Tableau 2 : Contribution des secteurs et sous-secteurs économiques 3
Tableau 3 : Place du secteur agricole dans l'économie tunisienne (INS,2019) 12
Tableau 4 : Répartition des superficies des différentes activités agricoles en Tunisie (source INS) 14
Tableau 5 : Structure du cheptel en fonction de la région en Tunisie (ONAGRI, 2020) 19
Tableau 6 : Conséquences diverses du surpâturage sur les écosystèmes (Source : MARHP, 2010) 23
Tableau 7 : Nombre de substances actives et nom commercial des différentes catégories de pesticides importés 29
Tableau 8 : Taux des pesticides par culture (ANGED, 2013) 30
Tableau 9 : Taux de des pesticides par famille chimique (ANGED, 2013) 30
Tableau 10 : Principaux groupements et secteurs sylvopastoraux de Tunisie (IFPN, DGF) 48
Tableau 11 : Superficie et nombre d'incendies déclenchés durant les dernières années (DGF, 2021) 52
Tableau 12 : Répartition des superficies des différents parcours en Tunisie 54
Tableau 13 : Production annuelle de ciments en Tunisie, entre 2008 et 2013 (MEF-SEDCI, 2013) 70
Tableau 14 : Principaux produits miniers jusqu'ici extraits en Tunisie, ainsi que les années d'exploitation et les sites de localisation (ONM, 2020) 75
Tableau 15 : Effectifs d'employés dans les deux sociétés nouvellement créées (CPG, 2016) 77
Tableau 16 : Répartition des entreprises du cuir et de la chaussure (API, 2011) 90
Tableau 17 : Répartition des entreprises agro-industrielles par activité 95
Tableau 18 : État des importations des produits agroalimentaires par la Tunisie, durant les dernières années (ONAGRI, 2014) 95
Tableau 19 : État des exportations des produits agroalimentaires par la Tunisie, durant les dernières années (ONAGRI, 2014) 95
Tableau 20 : Quantités de déchets organiques produits en Tunisie (Sayadi, 2014) 96
Tableau 21 : Répartition des entreprises de la chimie de base 102
Tableau 22 : Nature et nombre d'entreprises œuvrant dans la branche du plastique (API, 2019) 102
Tableau 23 : Nature et nombre d'entreprises œuvrant dans la branche du caoutchouc 103
Tableau 24 : Effort d'emploi des entreprises de la branche pharmaceutique 103
Tableau 25 : Contribution des entreprises parachimiques à l'emploi (API, 2019) 105
Tableau 26 : Entreprises de la branche d'autres produits chimiques 105
Tableau 27 : Rapports entre la densité du trafic routier et l'effet de barrière chez les mammifères (Sétra, 2003) 112
Tableau 28 : Liste des espèces des plantes, inscrites sur la liste rouge de l'UINCN (REGNES) 125

Table des figures

Figure 1 : Nature des attributs vitaux permettant de caractériser l'état de dégradation des habitats et des espèces 5
Figure 2 : Typologie des écosystèmes protégés (réservoir de la biodiversité) et des écosystèmes dégradés et monospécifiques (Photos M. Chaieb) 7
Figure 3 : Localisation des aires protégées, indicatrices de la conservation biologique en Tunisie 8
Figure 4 : Processus habituels de la mise en culture des espaces, aboutissant à l'érosion de la biodiversité 10
Figure 5 : Place du secteur agricole dans l'emploi en Tunisie (INS, 2019) 13
Figure 6 : Évolution des superficies ensemencées en céréales au cours des dernières années (source INS, 2019) 16
Figure 7 : Impact du défrichement sur l'érosion de la biodiversité et du sol (A : effet de l'érosion hydrique, B : effet de l'érosion éolienne, C : colonisation d'une jachère de céréales par une Sylibum marianum, D : espèce autochtone envahissante) 16
Figure 8 : Impact de la céréaliculture sur la biodiversité et les habitats 18
Figure 9 : Effectifs du cheptel bovin en Tunisie (source : ONAGRI, 2020) 19
Figure 10 : Effectifs du cheptel ovin en Tunisie (source : ONAGRI, 2020) 20
Figure 11 : Effectifs du cheptel caprin en Tunisie (source : ONAGRI, 2020) 21
Figure 12 : Effet du surpâturage sur la végétation au centre et au sud du pays 23
Figure 13 : Ampleur de la dégradation de la végétation, sous l'effet du surpâturage, sur les regs caillouteux des nappes d'Alfa (Stipa tenacissima) et développement de Hamada scoparia, espèce de dégradation, non appétée et toxique pour le bétail 24
Figure 14 : Structure des émissions brutes de GES dues au secteur AFAT par catégorie en 2012 (MALE, 2016) 25
Figure 15 : Facteurs de la perte de la biodiversité et de la dégradation environnementale, dues à l'élevage 26
Figure 16 : Diagramme tridimensionnel des compartiments environnementaux, soumis à l'effet des pesticides 26
Figure 17 : Quantités de pesticides utilisées durant la période 2010-2012 (MARH & PNUD, 2014) 27
Figure 18 : Quantités de pesticides importées durant ces dernières années (Zarai, 2017) 29
Figure 19 : Évolution des superficies des céréales traitées aux pesticides (Annuaire statistique de l'Agriculture, 2014) 30
Figure 20 : Complexité de l'impact des pesticides sur la perte de la biodiversité 34
Figure 21 : Répartition des superficies actuelles de l'arboriculture fruitière (hors olivier) en Tunisie 35
Figure 22 : Nouveaux procédés de culture de l'olivier en mode hyper-intensif (la densité appliquée excède 2000 individus/ha) 36
Figure 23 : Plantation des variétés étrangères en intercalé avec la variété locale Chemlali de Sfax, leur irrigation avec le mode goutte à goutte 37
Figure 24 : Problèmes posés par l'arboriculture à la biodiversité en Tunisie 38
Figure 25 : Défrichement des nappes alfatières au profit de l'arboriculture, et plus précisément de l'oléiculture 38
Figure 26 : Défrichement des forêts du nord du pays, au profit de l'arboriculture et plus précisément de l'oléiculture 39
Figure 27 : Introduction des variétés étrangères d'olivier, et leur plantation en association avec les variétés locales (Chemlali), en pur sous une grande densité, et leur irrigation avec des eaux chargées en sel 40
Figure 28 : Spécificités techniques et agronomiques des cultures intensives 41
Figure 29 : Importance des périmètres irrigués en Tunisie (FAO, 2015) 42
Figure 30 : Superficies des différentes cultures intensives en Tunisie, durant l'année 2011 (FAO, 2015) 43

Figure 31 : Consommation d'engrais par ha de SAU, comparaison avec la moyenne mondiale et à celle du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (Banque mondiale, 2016) 43
Figure 32 : Champs de culture de tomate, entièrement envahis par Solanum elaeagnifoluim (Photo. M. Chaieb) 45
Figure 33 : Différents impacts des cultures intensives sur la perte de la biodiversité 46
Figure 34 : Répartition des différentes formations forestières en fonction de leur superficie (DGF, 2010) 48
Figure 35 : Carte d'occupation du sol d'après le dernier IFPN (DGF) 49
Figure 36 : Dégâts divers causés par l'incendie de Dar Chichou en 2011 (Photo Chriha & Sghari 2011) 53
Figure 37 : Coupe illicite de la forêt de Chêne Zen à Ain Zana (Photo M. Kalboussi, 2020) 54
Figure 38 : Délits des coupes subies par la forêt artificielle de la zone de Ghedhabna (Mahdia) 55
Figure 39 : Objets d'art, fabriqués à partir d'arbres forestiers illicitement coupés, dans la région de Ain Draham et Tabarka 56
Figure 40 : Modèle conceptuel, montrant l'impact de l'intensification de l'agriculture sur la perte des habitats naturels et des espèces 58
Figure 41 : Place occupée par chaque sous-secteur dans l'emploi (API, 2013) 59
Figure 42 : Répartition des points de carrières en Tunisie (ONM, 2020) et carte STAR-Biodiversité globale 2020 (IUCN, 2020) 62
Figure 43 : Effets multiples de l'activité d'exploitation des carrières 63
Figure 44 : Importance écologique des milieux potentiellement exploitables pour des carrières en Tunisie 63
Figure 45 : Vestige d'une ancienne carrière d'extraction de pierre marbrée, située à l'intérieur du parc national de l'Ichkeul 64
Figure 46 : Carrière d'extraction de pierre marbrée en exploitation (2021), juxtaposée au parc national de Bou Kornine 65
Figure 47 : Problèmes écologiques multiples, notamment au niveau de la biodiversité, posés par les carrières abandonnées sans être réhabilitées 66
Figure 48 : Carrières très profondes, abandonnées sans être réhabilitées, mais utilisées en agriculture pluviale de faible rendement (céréales et olivier) 66
Figure 49 : Superposition des zones des carrières, des aires protégées et des couloirs migratoires des oiseaux en Tunisie (source : Oréade-Brèche, 2021) 68
Figure 50 : Localisation géographique des unités de fabrication de ciment en Tunisie, par rapport à la carte d'occupation du sol 70
Figure 51 : Effets de la poussière émise par la cimenterie de Gabès sur les cultures environnantes. Au fond de la photo, on observe la cimenterie, située à une distance de 200 à 300 m. 71
Figure 52 : Affleurement du gypse (substrat de couleur blanche) dans la zone de Jbel Gouleb, région de Meknassy 72
Figure 53 : Exploitation du gypse à Tataouine (Photo Webdo, 2018) 73
Figure 54 : Peuplement d'Anarrhinum brevifoluim, espèce endémique se développant sur des substrats gypseux du sud du pays 74
Figure 55 : Localisation et limites du bassin minier de Gafsa Source : Carte topographique (1/200. 000) et CRDA, 2014 (in Salhi, 2017) 76
Figure 56 : Procédé d'extraction du phosphate par la CPG avec la méthode à ciel ouvert, véritable source de dégagement de poussières (CPG in Photo Salhi, 2017) 78
Figure 57 : Rejets des laveries de Métlaoui, déversés et gravitant jusqu'à Gouifla (Gouvernorat de Tozeur) 80
Figure 58 : Rejets des laveries de phosphate en milieu urbain (Zone de Métlaoui), provoquant la pollution de toutes les composantes de l'environnement (Salhi, 2017) 81
Figure 59 : Pollution par les rejets des laveries des gorges de Thelja (Salhi, 2017) 82
Figure 60 : Récolte de coton en Afrique du sud du Sahara (CIFOR / flickr.com) 84

Figure 61 : Laine vierge et naturelle, utilisée dans la fabrication des fibres textiles (Glen Bledsoe / flickr.com)..... 85
Figure 62 : Effectifs des entreprises textiles et leur capacité d'emploi en Tunisie (API, 2019) 86
Figure 63 : Répartition des effectifs des entreprises textiles, en fonction du nombre d'employés (API, 2019)..... 87
Figure 64 : Différents impacts de l'industrie textile sur l'environnement en Tunisie..... 89
Figure 65 : Place occupée par l'industrie agroalimentaire dans plusieurs pays du monde, y compris la Tunisie (Sayadi, 2014)..... 94
Figure 66 : Impacts divers de l'industrie agroalimentaire sur l'environnement..... 97
Figure 67 : Spectaculaire rejet des margines à l'intérieur d'un champ d'oliviers (Photo M. Mejbri, FTDES, 2020, Kairouan) 98
Figure 68 : Dessèchement d'un peuplement d'Eucalyptus, sous l'effet de rejet de margines (FTDES, 2020)..... 99
Figure 69 : Diversité des types de pollutions provoquées par les industries chimiques au niveau de la biodiversité et de l'environnement..... 106
Figure 70 : Ampleur de la pollution diverse, provoquée par les unités de transformation du phosphate du GCT Source : (https://www.google.com/search?q=rejets+des+d%C3%A9chets+del%27industrie+des+produits+de+la+mer+en+tunisie) 107
Figure 71 : Pollution par les hydrocarbures, produits à Bizerte ces dernières années, et unités polluantes du GCT, notamment le rejet du soufre (diverses sources d'internet)..... 108
Figure 72 : Synthèse des différents mécanismes d'action des polluants de l'industrie chimique en Tunisie 108
Figure 73 : Structure du secteur tertiaire et des services en Tunisie..... 109
Figure 74 : Organisation territoriale de la Tunisie..... 111
Figure 75 : Impact du trafic routier sur la faune mammalienne (Sétra, 2003) 113
Figure 76 : Distributions des fréquences des cadavres recensés, en termes de nombre d'espèces et d'abondance, entre les quatre groupes systématiques identifiés (Dhiab, 2019) 113
Figure 77 : Effet de la distance à la route sur la diversité des oiseaux (Hamza et Hanane, 2021)..... 114
Figure 78 : Différents impacts du transport sur la biodiversité 115
Figure 79 : Paysage splendide, indicateur d'un exemple de paysage en Tunisie..... 117
Figure 80 : Importance du secteur hôtelier en Tunisie (INS, 2019) 118
Figure 81 : Effet de la densité des humains en récréation sur la richesse totale des oiseaux d'eau, la richesse des limicoles et la richesse des grands échassiers (Hamza, 2020)..... 119
Figure 82 : Vulnérabilité des côtes tunisiennes (A), d'après Hzami & al (2021), et sites de nidification de la Tortue marine (B) d'après le RAC/ASPA (2020)..... 120
Figure 83 : Impacts divers du tourisme sur la biodiversité et son habitat en Tunisie..... 121
Figure 84 : Ampleur de la filière d'exploitation des plantes médicinales et aromatiques en Tunisie 125
Figure 85 : Différents impacts du secteur de la santé sur la biodiversité et l'environnement..... 127
Figure 86 : Carte de répartition actuelle de Stipa tenacissima en Tunisie..... 134
Figure 87 : Perte de l'habitat de S. tenacissima, de la répartition actuelle (A), vers une répartition future en 2050, selon le scénario RCP2.6 (B) et le scénario RCP8.5 (C)..... 134
Figure 88 : Perte de l'habitat de S. tenacissima, de la répartition actuelle (A), vers une répartition future en 2070, selon le scénario RCP2.6 (B) et le scénario RCP8.5 (C)..... 135
Figure 89 : Principales étapes de l'invasion biologique (Dairain, & Vad, 2012)..... 136
Figure 90 : Aire de répartition géographique de l'Étourneau sansonnet 138
Figure 91 : Ampleur de l'invasion biologique par Leucaena leucocephela..... 139
Figure 92 : Solanum eleaegnifolium espèce invasive, actuellement présente dans toute la Tunisie. 139
Figure 93 : Invasion d'un talus d'autoroute reliant Sousse à Sfax, par Helianthus tuberosus, espèce invasive très redoutable..... 140
Figure 94 : Impacts des différents secteurs sur la perte de la biodiversité en Tunisie 144

1. CADRE DE L'ANALYSE DES IMPACTS DES SECTEURS ÉCONOMIQUES SUR LA BIODIVERSITÉ

1.1. INTRODUCTION

À l'heure actuelle, et en dépit des efforts fournis par la communauté internationale en faveur de la conservation de la diversité biologique mondiale, notamment après le Sommet de la Terre à Rio en 1992, tous les indicateurs s'accordent sur la perte de la biodiversité à l'échelle mondiale, et sur l'accentuation de ce phénomène à un rythme accéléré. À ce propos :

- L'indicateur Living Planet Index, mis en place par la CDB, et relatif au suivi des effectifs des mammifères, oiseaux, reptiles et amphibiens, révèle une chute spectaculaire des populations d'environ 68 % entre 1970 et 2016. Ainsi, sur un total de 96 500 espèces inscrites sur la liste rouge de l'UICN, un total de 27 % sont menacées d'extinction, représentant 40 % des amphibiens et 14 % de l'avifaune.
- Les écosystèmes forestiers ont connu une chute spectaculaire de leur superficie d'environ 6,5 millions d'hectares par an entre 2010 et 2015, ce qui n'est pas négligeable (Bureau & al, 2020).
- La superficie des zones humides a également régressé de 35 % entre 1970 et 2015. La biodiversité cultivée n'est pas non plus épargnée, avec une uniformisation des variétés qui fragilise les capacités d'adaptation aux changements globaux.

À l'échelle mondiale, les principaux moteurs de la perte de la biodiversité sont : i) la dégradation des habitats, ii) l'agriculture intensive, iii) la surexploitation des ressources renouvelables et iv) le changement climatique qui a de graves conséquences par l'invasion biologique, ainsi que les divers types de pollutions. L'impact des différentes activités économiques sur la biodiversité s'observe à différents niveaux :

- **La consommation des ressources** : une entreprise a besoin de matières premières, d'énergie d'eau, etc., pour fonctionner. L'extraction de ces ressources consommées de la nature peut affecter et impacter les écosystèmes dans lesquels ces ressources sont puisées.
- **La pollution** : toute activité économique a des impacts sur l'environnement. Il peut s'agir de pollutions directes (comme, par exemple, les déchets solides ou liquides, les fumées, les eaux usées, les fuites de produits dangereux, etc.) ou de pollutions indirectes (bruits et vibrations générés par les machines, trafic routier accru lié au transport des marchandises ou des clients, émissions de CO2 ou pollution de l'air liée à ce transport ou au chauffage, etc.). Ces impacts peuvent être plus ou moins légers, perdurer à plus ou moins long terme, ne concerner seulement que le voisinage direct ou avoir des répercussions globales. Dans certains cas, ils perturbent la dynamique des populations des organismes vivants et le fonctionnement des écosystèmes.
- **La conversion des terres** : toute activité économique occupe de l'espace, qu'il s'agisse d'une activité agricole qui utilise la terre pour les cultures, d'une activité industrielle dont les installations artificialisent l'environnement, ou encore d'une carrière pour l'extraction de matières premières. En s'implantant près d'une zone protégée, d'une forêt, d'une rivière, d'un lac, etc., l'entreprise perturbera l'environnement par ses activités ou par des accidents éventuels (rejets divers, fuites, explosions, etc.), engendrant des impacts plus ou moins forts et réversibles sur le paysage, les habitats et les espèces.

1.2. RAPPEL DE LA STRUCTURE DE L'ÉCONOMIE TUNISIENNE

Les grands secteurs de l'économie tunisienne se caractérisent de la façon suivante :

- Le secteur tertiaire du pays englobe le tourisme, les technologies de l'information et de la communication et tous les services. Ce secteur contribue à concurrence de 60 à 63 % du PIB et emploie près de 43.7 % de la population active. Cela en fait le premier secteur économique du pays.
- Le second secteur clé de l'économie tunisienne est l'industrie, qui représente près de 23 % du PIB et emploie plus de 42.7 % de la population active tunisienne. Ce secteur très diversifié regroupe tous les secteurs des industries manufacturières et non manufacturières (industries de la chimie, de l'énergie et des mines, agroalimentaire, industrie électrique et mécanique, industrie extractive pour les minerais et minéraux).
- L'agriculture et la pêche occupent la 3e position des secteurs vitaux de l'économie du pays, avec environ 10,4 % du PIB et 13,5 % d'emploi pour la population active. La Tunisie est arrivée à atteindre le stade de suffisance alimentaire et est devenue, en parallèle, l'un des pays les plus productifs d'Afrique en matière d'agriculture biologique.

Dans le tableau ci-dessous, sont rapportés les différents secteurs de l'économie tunisienne, ainsi que la contribution de chaque secteur au PIB et à l'emploi dans le pays.

Tableau 1 : Structure de l'économie tunisienne (MDICI, 2019 & INS,2020)

SECTEUR ECONOMIQUE	ANNEE (2011-2019)	
Contribution au PIB et à l'emploi	PIB (%)	Emploi(%)
SECTEUR PRIMAIRE (Agriculture et pêche)	8	13.5
SECTEUR SECONDAIRE, dont		42.7
Industrie manufacturière	14.8	
- Textiles, habillement & cuir	3.6	
- Industries mécaniques et électriques	5	
- Industries agroalimentaire	2.9	
- Industrie chimique	7.5	
- Matériaux de construction, céramique & verrerie	4	
Industrie non manufacturière	8	
- Extraction pétrole et gaz naturel	2	
- Bâtiments et travaux publiques	3.9	
SECTEUR TERTIAIRE (SERVICES), dont	42.5	43.7
- Poste et télécommunication	7	
Transports	6.6	
Commerce	8	
Service d'hôtellerie et restauration	5	
Services d'administration publique	18.7	

Tableau 2 : Contribution des secteurs et sous-secteurs économiques

Secteur	Sous-secteur	% du PIB	Populations employées	Régions concernées
Agriculture & pêche	**Agriculture & Pêche**	10.4 % (2019)	505 800 (2018) main d'œuvre	Au total, 41 ports de pêche situés tout le long du littoral, de Bizerte à Médenine. - La zone nord située entre le cap Bon et la frontière algérienne (sous exploitée) - La zone est de Kélibia jusqu'à la Chebba, constituée essentiellement par le golfe de Hammamet (moyennement exploitée) - De la Chebba jusqu'à la frontière libyenne ; Golfe de Gabes (largement surexploité)
	Production végétale (sans céréales)		Agrumes : 7 000 employés	Nabeul 66 % en 2015/2016 ; environs de Tunis 9 % ; Bizerte 5 % ; Kairouan 3 % ; Jendouba 3 % ; Beja 2 %
	Olives à huile	2 %	309 000 oléiculteurs	32 % Nord ; 46 % Centre ; 22 % Sud
	Céréales	16 %	>250 000 agriculteurs	Béjà occupe la première place en termes de volume collecté (21 %), suivie de Siliana (16 %), du Kef (14 %) et de Bizerte (12 %) ; Jendouba
	Élevage	4-5 %; 35-40 % du PIB agricole	112 100 éleveurs (2015)	Différentes régions du pays L'élevage laitier est concentré dans le Nord (70 % du cheptel) et dans le Centre
	Foresterie	0,3 % (2007-2017)	7 millions de journées de travail/an	Pin d'Alep dans la dorsale tunisienne au centre et au sud et des chênes de liège et de zen au nord-ouest du pays
	Cultures maraichères		20,848 millions de journées (2016)	Bizerte et Tunis ; Sidi Bouzid, Mahdia et Sfax ; Tozeur, Gabes et Kébili
Industrie	**Industries manufacturières**	15.2 % (2018)	645,8 (en millier) (2018)	Sfax : 40 ; Sousse : 17 ; Ben Arous : 17 ; Tunis : 15 ; Nabeul : 15
	Industries agroalimentaires	3 % du PIB (2018)	96,6 (en millier) (2018)	Sfax : 147 unités ; Nabeul : 110 ; Kairouan : 91 ; Ben Arous : 75 ; Béja : 60 ; Tunis : 54 ; Tozeur : 52 ; Sousse : 46 ; Jandouba : 42 ; Médenine : 41 ; Zaghouan : 41 ; Siliana : 35 ; Bizerte : 35 ; Monastir : 32 ; Autres : 169
	Matériaux de construction, céramique & verrerie	1,4 % du PIB	38,6 (en millier) (2018)	Nabeul 13 % des entreprises ; Gabes 9 % ; Sfax 8 % ; Zaghouan 8 % ; Monastir 6 % ; Kasserine 6 % ; Ben Arous 6 % ; Ariana 5 % et Tunis 4 %
	Industries mécaniques et électriques	5.4 % du PIB (2018)	154,1 (en millier) (2018)	Essentiellement en Gand-Tunis (Tunis, Ben Arous, Ariana et Manouba) avec 139 unités et le Nord-Est (Bizerte Nabeul et Zaghouan) avec 102 unités
	Industries chimiques	4 % du PIB	29,9 (en millier) (2018)	Sfax avec 104 unités ; Ben Arous : 86 ; Sousse : 66 % ; Zaghouan : 54 % ; Tunis : 45 % ; Nabeul : 38 % ; Monastir : 34 % ; Ariana : 30 % ; autres : 116%
	Textiles, habillement & cuir	2.7 % du PIB (2018)	242,4 (en millier) (2018)	**Textile et habillement :** Monastir est la première (433unités) soit : 27 % ; Grand Tunis : 19 % ; Sousse 12 % ; Nabeul 11 % et Sfax 10 %. ; autres : 21 %. **Cuir et chaussures :** Nabeul : 70 unités ; Grand Tunis : 64 ; Sfax : 41 ; Bizerte : 27 ; Zaghouan : 14 ; Sousse : 12 ; autres : 13.

Secteur		Sous-secteur	% du PIB	Populations employées	Régions concernées
		Industries manufacturières diverses	7.6 % du PIB	84,1 (en millier) (2018)	Sfax : 44 unités ; Ben Arous : 41 ; Tunis : 35 ; Monastir : 23 ; Sousse : 23 ; Bizerte : 16 ; Zaghouan : 16 ; Ariana : 14 ; Nabeul : 12 ; Mahdia : 7 ; Béja : 7 ; Gabes : 7 ; Autres : 27
		Mines	20 % du PIB	36,6 (en millier) (2018)	La région minière de Gafsa
		Énergies	13,7 % (2012) Extraction pétrolière et de gaz : 5 %		Les industries lourdes ainsi que les plus importantes centrales d'énergie concentrées sur le littoral ou des lacs en communication avec la mer avec des apports directs de pollution (Gabes, Menzel Bourguiba et Bizerte, la Goulette, Rades et Sousse)
Service	**Transport**	**Activité Transport terrestre**	-Transport : 7 % du PIB (2014) -Transport maritime : 20 % du PIB de service	140 000 emplois directs ; 2 400 en activité transport terrestre (2014)	22 000 km de routes, y compris 366 km d'autoroutes et 75 % de routes goudronnées. L'axe nord-sud, la route ECOSO (Est Central Ouest-Sud-Ouest) et les voies de transport est-ouest
		Activité Transport maritime			Huit ports : Bizerte, La Goulette, Radès, Sousse, Sfax, La Skhira, Gabès et Zarzis
		Activité Transport ferroviaire			La partie nord du réseau (471 kilomètres) est à voie normale ; la partie sud, c'est-à-dire la ligne Sfax-Gafsa-Métlaoui (1 688 kilomètres), est à voie métrique
	Tourisme	**Activité Tourisme balnéaire**	Tourisme : 14,20 % du PIB (2019)	95 (en millier) ; Hôtel et restauration : 140,2 (en millier) (2018)	L'île de **Djerba, Sousse, Nabeul-Hammam, Sfax-Monastir.** Tunis et Tabarka. Nombre d'établissements : Nabeul-Hammamet : 124 ; Jerba-Zarzis-Gabes : 175
		Activité Tourisme intérieur			Tourisme saharien ; Tozeur-Kébili Nombre d'établissements : Gafsa-Tozeur : 89
Équipement Infrastructure Aménagement du territoire		**Équipement**			La construction de 25 ponts sur les 23 gouvernorats. Le projet de l'autoroute reliant Tunis, Kairouan, Sidi Bouzid, Kasserine et Gafsa
		Aménagement du territoire		La compagnie des phosphates de Gafsa : 14 000 emplois	Décentralisation. Sidi Bouzid, Kasserine, Jendouba, Le Kef, Kairouan, Kébili, Siliana, Tataouine, Zaghouan, Gafsa, Tozeur, Béja, Mahdia et Gabès Aménagement du territoire et pistes rurales (22 gouvernorats et 1450 pistes
Santé		**Fabrication des médicaments**	2 % du PIB (2018)	8 800 (2013-2017)	119 entreprises en 2017, dont 33 unités de production de médicaments à usage humain. Grand Tunis : 53 % des entreprises ; région du Sahel et Sfax : 25 %
		Santé publique	Dépense en santé 4,13 % (2017)	6 783 médecins ; 27 790 infirmiers ; 12 326 techniciens supérieurs (2018)	Différentes régions mais la majorité est à Tunis Hôpitaux généraux (Tunis, Ariana, Ben Arous, Manouba, Zaghouan, Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax) & Hôpitaux régionaux (toutes les régions sauf Manouba et Mahdia)

Par ailleurs, considérant que plusieurs sous-secteurs et activités sont basés sur l'exploitation des ressources naturelles, notre objectif dans la présente étude est d'identifier les deux secteurs, parmi ces trois, les plus impactants pour la biodiversité, en termes de perte et d'érosion génétique. En d'autres termes, il s'agira d'examiner les composantes de chaque secteur, et préciser leur impact sur la diversité biologique. On peut à titre d'exemple citer l'impact de la pêche non durable sur l'extinction de certaines espèces de poissons, aussi l'impact de l'industrie extractive comme les carrières sur la fragmentation et la destruction des habitats.

Pour sa part, le tourisme est un vecteur essentiel de l'économie nationale, faisant partie du secteur des services. Ce sous-secteur a profité du contraste de la diversité des paysages naturels, qui a favorisé l'émergence de cette activité, surtout dans les milieux littoraux du pays. Le développement touristique a été tout d'abord accentuée sur la promotion du tourisme balnéaire. Ensuite, et avec l'intégration de la notion de tourisme durable, l'activité touristique s'est orientée vers le développement du tourisme écologique et durable à travers l'écotourisme, dont l'impact sur la biodiversité ne pourrait qu'être minime.

1.3. INDICATEURS DE DÉGRADATION DE LA BIODIVERSITÉ

La cause principale de l'érosion de la diversité biologique est la fragmentation, la détérioration et la transformation continuelles des habitats naturels. Pour apprécier cette érosion, on peut souvent avoir recours aux indicateurs de la dégradation de la biodiversité. En effet, Molfetas & Blandin (1981) s'accordent à dire qu'un « indicateur biologique est un organisme ou un ensemble d'organismes qui traduit de façon aussi directe et évidente que possible des modifications qualitatives et/ou quantitatives de l'écosystème dont il fait partie ». À la même époque, Lebrun (1981) définit qu'il s'agit de « tout paramètre biologique, qualitatif ou quantitatif (mesuré au niveau d'un individu, d'une population, d'une guilde, d'une communauté ou même un paysage), susceptible d'indiquer des conditions de vie particulières qui correspondent soit à un état donné, soit à une variation naturelle, soit à une perturbation du milieu ». Odum avait, dès 1969, déterminé, au niveau de l'écosystème, une liste d'attributs permettant de comparer entre eux les différents stades de dégradation de l'écosystème en question. Malheureusement, peu de choses ont été faites depuis lors pour tester ses idées sur la stratégie de développement d'un écosystème. C'est pourquoi Noble et Slayter (1980) ont cependant défini plusieurs catégories d'attributs vitaux, utiles pour l'évaluation de la réponse d'une espèce à une perturbation récurrente. Ces attributs vitaux sont les suivants :

Odum (1969) et Noble & Slayter (1980)

Figure 1 : Nature des attributs vitaux permettant de caractériser l'état de dégradation des habitats et des espèces

Indicateur d'indicateur / Attribut vital	Caractérisation quantitative de l'indicateur	Ecosystème en bon état	Ecosystème dégradé
Richesse floristique	Nombre d'espèces végétales pérennes	Nombre d'espèces élevé	Peu ou pas d'espèces
Spectre biologique Raunkiaer (%)	-Hémicryptophytes -Chamaephytes -Nanophanérophytes -Phanérophytes	Végétation pluristratifiée, avec présence des différents types biologiques	Seule la strate des herbacées annuelles qui demeure
-Diversités alpha -Diversité bêta végétaux et animaux	-Nombre d'espèces dans une communauté végétale -Diversité des espèces entre écosystèmes	Importante diversité a et b au sein des communautés	Diversité a et b presque nulles.
Recouvrement végétal des pérennes	% du sol couvert par la végétation pérenne	Important couvert végétal des pérennes (souvent > 20%)	Couvert végétal des pérennes souvent < 20%.
Présence des espèces clés de voûte	Espèces de flore et de faune, caractéristiques d'un écosystème donné, et constituant encore le trait majeur de sa structure (ex: Arbres et/ou arbustes pour la flore)	Présence de flore et de faune, caractéristiques (ex:	Absence totale d'espèces caractéristiques.
Stock de graines viables dans le sol	Importance des semences des pérennes dans le sol, pour la reconstitution de la strate floristique	Stock semencier viable du sol est très riche et diversifié	Seules les thérophytes, les messicoles et les non pastorales sont présentes.
Matière organique du sol (%)	Quantité de débris végétaux & animaux, décomposable	Sol riche en matière organique	Matière organique du sol <1%.
Indices des cycles biogéochimiques	-Cycles de l'Azote, du Phosphore et du Carbone, présents dans le sol	Important dynamisme des décomposeurs et important flux de la matière dans le sol, bonne fertilité	Faible activité des décomposeurs et faible fertilité du sol.
Mésofaune détritivore	Faune de taille intermédiaire entre macro et microfaune, responsable de la décomposition de la matière organise (ex. nombre moyen d'organismes pour 100 grammes de sol)	Faune diversifiée (lombric collembole, lombrics, aptérygotes, Arachnides, coprophages, nécrophages, etc..	Mésofaune, raréfiée, voire absente, en raison de la forte anthropisation du milieu.
Infectivité par les rhizobiums	Pourcentage de racines, d'une plante témoin, infectées par gramme de sol	Abondance des *Fabaceae* pérennes dans les différentes strates végétales	Absence des *Fabaceae*, suite à l'anthropisation (Pâturage & Labour du sol)

Aronson & al, 1995, Restauration & réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides & semi-arides (cas de la Tunisie)

Pour apprécier cette dégradation au niveau des écosystèmes de la Tunisie, et surtout connaître l'impact des secteurs économiques sur l'érosion génétique, nous avons cherché à effectuer une comparaison entre des écosystèmes protégés (cas des parcs nationaux et des réserves naturelles) et en bon état et des écosystèmes perturbés (cas de divers agrosystèmes) (figure ci-dessous).

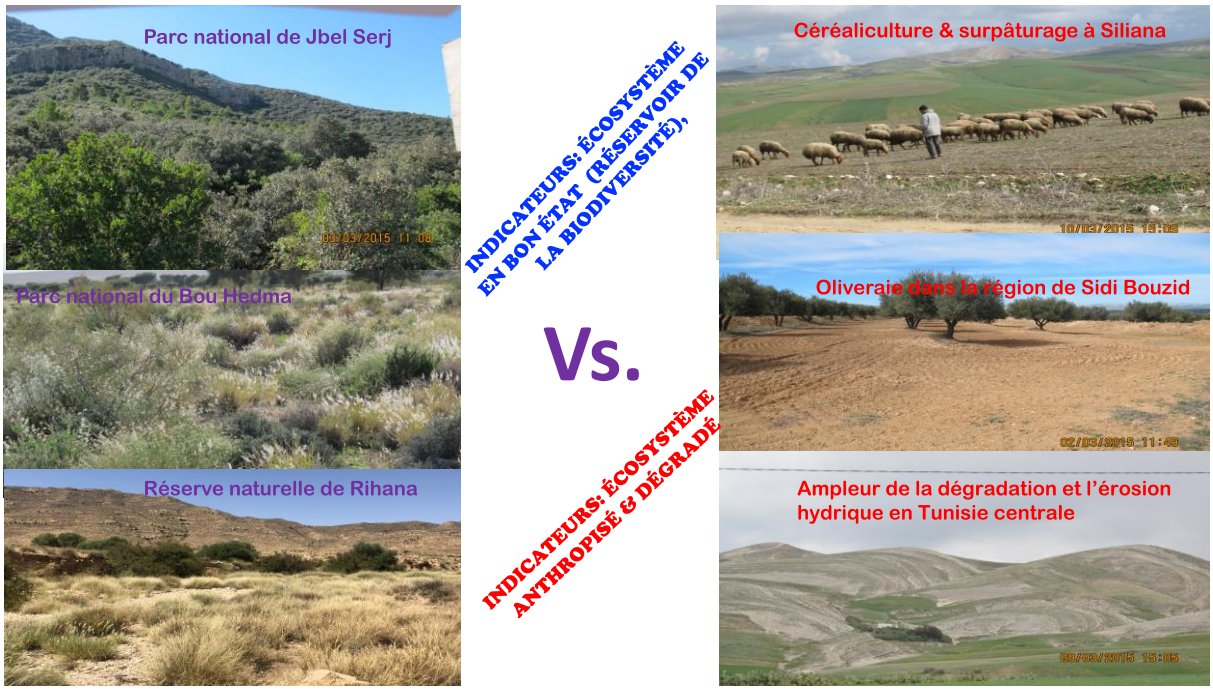
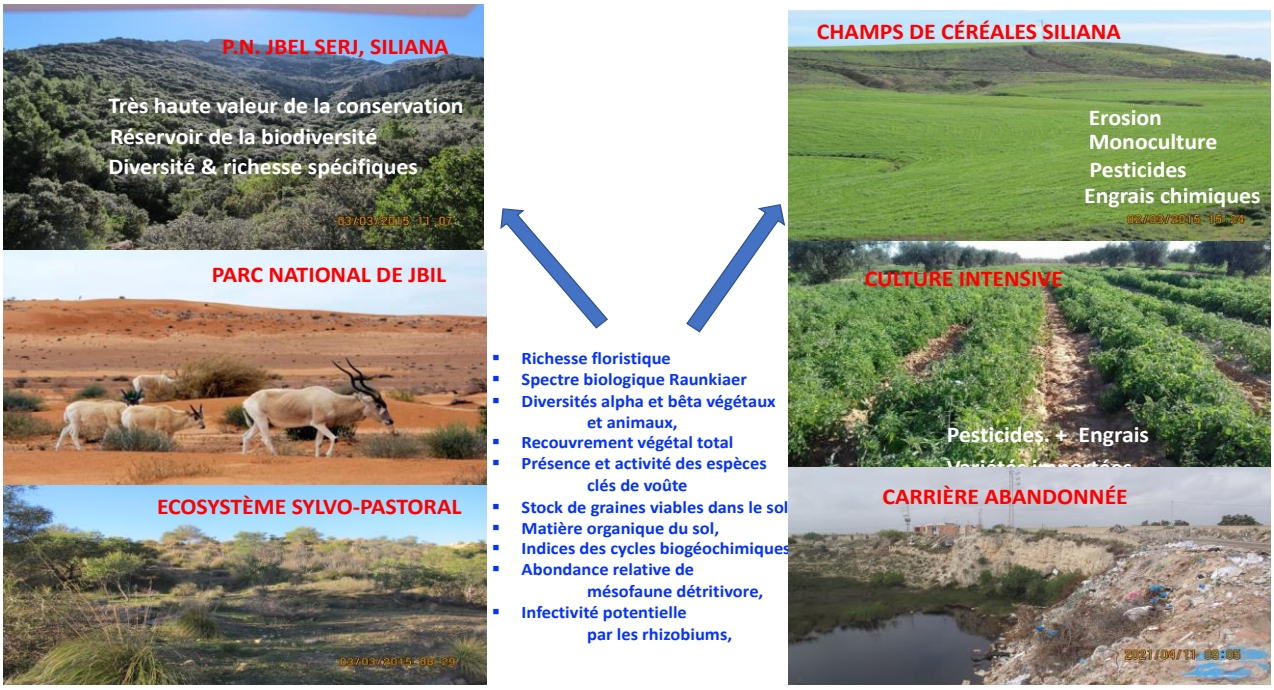


Figure 2 : Typologie des écosystèmes protégés (réservoir de la biodiversité) et des écosystèmes dégradés et monospécifiques (Photos M. Chaieb)



Donc, l'indicateur le plus fiable permettant d'apprécier la conservation versus l'érosion biologique est la richesse, la diversité et l'abondance spécifique, animale et végétale.

Ainsi, en cas de conservation biologique (parcs nationaux et réserves naturelles), la faune et la flore sont diversifiées, et susceptibles d'atteindre des effectifs importants au sein d'un espace donné.

Ceci est le cas d'un échantillon statistiquement représentatif des parcs nationaux (5 parmi 17) et de réserves naturelles (5 parmi 25) (Figure 3) de la Tunisie. En outre, dans cet échantillon, nous avons considéré les bioclimats, **humide, aride et saharien**, les milieux, **terrestre et marin**, les zones, **montagneuse et plate**, les formations, **forestière et steppique**. Les caractéristiques écologiques et biologiques de ces différentes aires protégées figurent dans les tableaux ci-dessous.

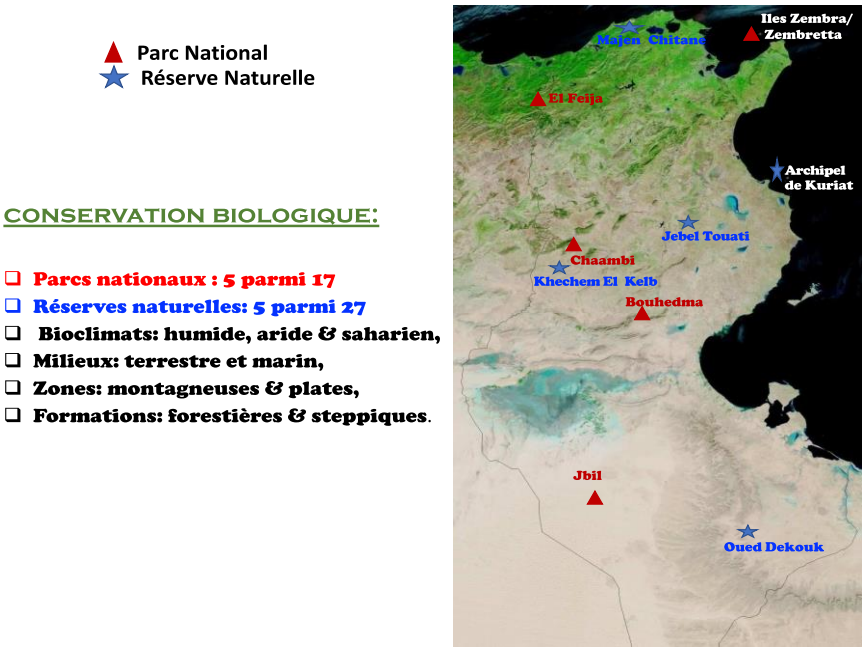


Figure 3 : Localisation des aires protégées, indicatrices de la conservation biologique en Tunisie

D'après les tableaux ci-après, on remarque l'impact de la biologie de la conservation, où dans chaque aire protégée, qu'elle soit parc national ou réserve naturelle, l'effet de la protection et de la gestion durable se traduit par la présence d'une faune et d'une flore caractéristiques, en plus d'un cortège de plusieurs centaines d'espèces animales et végétales.

En l'absence de protection, cas d'un écosystème forestier, ou aussi une mise en défens en zone forestière, la biodiversité spontanée, bien qu'encore présente, est tout de même moins riche en espèces, du fait de l'anthropisation et de la perturbation, même partielles.

Richesse biologique des Parcs Nationaux (FAO, 2013).

Nom	Date de création & superficie (ha)	Étage bioclimatique	Écosystème & Habitats naturels	Espèces animales caractéristiques	Nombre total d'espèces
ChaambiKasserine	1980 (6723)	Plaines (semi-aride supérieur) sommet (sub-humide)	Forêt à Pin d'Alep, genévrier de Phénicie, Chêne vert,	Gazelle de cuvier, Mouflon à manchettes, Hyène rayée	80 espèces Flore Faune : plusieurs espèces de Mammifères, d'oiseaux & reptiles
Bouhedma Sidi Bouzid & Gafsa	1980 (16488)	Aride inférieur à variante tempérée	Pseudosavanes, Steppes, forêt claire à *Accacia radiana*	Oryx, Gazelle dama, Autruche, oiseaux	400 espèces de flore Faune : plusieurs espèces de Mammifères, d'oiseaux & reptiles
Iles Zembra/ Zembretta Nabeul	1977 (5095)	Sub-humide à variante chaude	Macquis composé: *Pistacia lentiscus, Olea europea*	Lapin de garenne/ Mouflon	415 espèces Flore terrestre et marine Faune terrestre et marine : plus que 388 espèces
Jbil Kébili	1994 (150000)	Saharien supérieur	Steppes à *Rhanterium* et *Stipagrostis*; Erg ; Formations tabulaires;	Gazelle leptocéros, Fennec, outarde houbara	Flore: plusieurs espèces Faune : plusieurs espèces de Mammifères, d'oiseaux et de reptiles
El Feija Jendouba	1990 (2637)	Humide	Kroumirie, Forêt de chêne Zen	Cerf de Berberie, sanglier, Rapaces	700 espèces Flore Faune : plus que 95 espèces

Richesse biologique des Réserves naturelles en Tunisie (FAO, 2013)

Nom	Date de création superficie (ha)	Étage bioclimatique	Écosystème & Habitats naturels	Espèces animales caractéristiques	Nombre total d'espèces
Majen Chitane Bizerte	1993 (10)	Humide inférieur à hiver chaud	Zone humide , végétation à chêne liège et à chêne zeen	Oiseaux d'eaux, cerf de berbérie, Sanglier, Mangouste	Même caractéristiques Floristique que El feija.
Archipel de Kuriat Monastir	(251.3) (49.6)	Semi-aride à hiver doux et pluvieux	Aires Marines Protégées (AMP)	La tortue Caouane : Caretta Caretta, L'herpétofaune, L'avifaune (les laridés, les sternes et les limicoles)	Flore : Posidonie couvre 600 et 700 faisc./m² Faune : 37 espèces Avifaune : 99 esp. Tortue : 45 nids
Jebel Touati Kairouan	1993 (961)	Semi-aride supérieur à hiver tempérée	Matorral dégradé de Pin d'Alep à genévrier rouge+ zone humide	Faune caractéristique de l'Atlas : Goundi de l'Atlas, grand rapaces oiseaux d'eau	Faune : douzaine des gazelles ; mouflons : 98 indiv.
Khechem El Kelb Kasserine	1993 (307)	Semi-aride inférieur à hiver frais	Chêne vert, pin d'Alep et espèces compagnes	Mouflon à manchettes, hyène rayée, porc épic, chat ganté	Forêt de Pin d'Alep , avec les mêmes caractéristiques que PN de Chaambi
Oued Dekouk Tataouine	2009 (5750)	Aride inférieur et saharien	Écosystème steppique	Oryx dammah, Mouflons à manchettes + faune autochtones	Flore : 90 espèces Faune : plus que 123 espèces

Enfin, dans les milieux cultivés, la production, étant un antagoniste de la conservation, constitue l'objectif primordial des agronomes. Pour atteindre cet objectif, qui occulte d'ailleurs un objectif de rentabilité et de bénéfice, tous les moyens sont utilisés pour accroitre l'efficience des facteurs production. Ces derniers regroupent donc tous les traitements phytosanitaires pour lutter contre toute attaque parasitaire ou pathogène, des engrais chimiques (fumure de fond et fumure d'entretien), et une irrigation le plus souvent fréquente, engendrant généralement des phénomènes d'hydromorphie, et des problèmes de drainage. La figure ci-dessous illustre les différents processus habituellement suivis dans le cas de la production agricole. Ces processus débutent par des façons culturales fréquentes et répétées dans l'espace et dans le temps, jusqu'à l'érosion totale de la biodiversité auxiliaire, dont les premières victimes varient, depuis les insectes pollinisateurs jusqu'au reste de la chaine trophique ou alimentaire, notamment l'avifaune, les reptiles et les mammifères.

La mise en culture des habitats et des paysages, processus continu, aboutissant très rapidement à l'érosion totale de la biodiversité

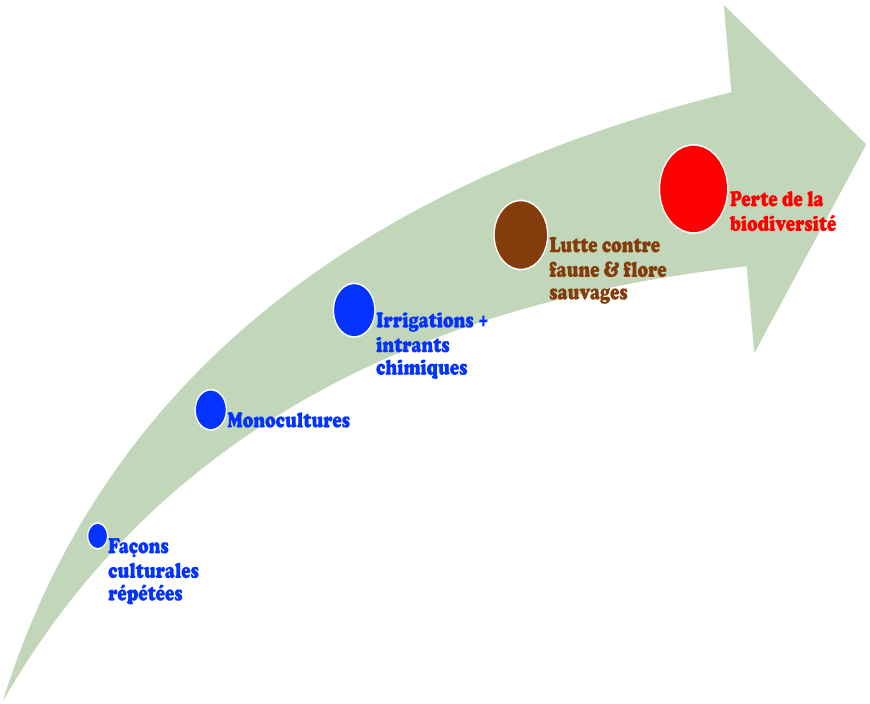


Figure 4 : Processus habituels de la mise en culture des espaces, aboutissant à l'érosion de la biodiversité

Les moteurs de l'érosion de la biodiversité en Tunisie sont ainsi présentés et discutés sur la base de :

- L'ensemble de tous ces indicateurs de la biologie de conservation, versus les processus et les causes de l'érosion génétique ;
- La spécialisation du BE dans le domaine de la biodiversité (conservation, dégradation et gestion durable) ;
- La parfaite connaissance du contexte socio-économique et écologique tunisien, par les experts chargés de l'étude ;
- Les discussions diverses et entretiens multiples avec différents acteurs, chargés de la biodiversité en Tunisie ;
- La compilation de l'importante masse de données bibliographiques disponibles.

1.4. MOTEURS DE L'ÉROSION DE LA BIODIVERSITÉ TERRESTRE

Partout dans le monde, la diversité biologique est extrêmement menacée par les diverses activités humaines (Primack et al., 2012 ; Wilson, 1988 ; Teyssèdre et Couvet, 2010) mais aussi par les conséquences du changement climatique sur les différents écosystèmes et niveaux d'organisation écologique (GIEC, 2014). En 1992, le Sommet de la Terre de Rio a été couronné par la mise en place de la Convention sur la diversité biologique (CBD). Cependant, cette initiative n'a pas empêché le déclin progressif de la biodiversité à travers les pays du monde entier. C'est ainsi que l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN, 2009) montre clairement les tendances alarmantes de la perte de biodiversité, en mesurant sept catégories de risque d'extinction. En effet, selon l'UICN, environ 1/5 des quelques 35 000 espèces de vertébrés sont considérées « en danger », la proportion allant de 13 % pour les oiseaux à 41 % pour les amphibiens. Entre 1980 et 2008, 52 espèces en moyenne sont passées chaque année dans la catégorie suivante (Normander, 2012). Les

principales menaces sont la perturbation de leurs habitats et la perte d'habitat due à l'urbanisation. L'index « planète vivante », élaboré chaque année par WWF, montre aussi une tendance négative sur la biodiversité. Selon cet index, la biodiversité a diminué de 12 % à l'échelle mondiale. Selon certaines estimations, la vitesse à laquelle les espèces s'éteignent est aujourd'hui jusqu'à mille fois supérieure à celle de l'époque préindustrielle. Les scientifiques appellent ce phénomène la sixième extinction massive de l'histoire de la Terre (Normander, 2012 ; Couvert et Teyssèdre, 2010 ; Primack et al., 2012). Le secrétariat du CBD a relevé cinq grandes pressions qui engendrent une perte de la biodiversité, soit :

- la transformation et destruction de l'habitat,
- la surexploitation,
- la pollution,
- les espèces introduites invasives,
- le changement climatique.

Quant à l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), elle a identifié les différentes menaces pesant sur la biodiversité, principalement liées aux activités humaines. Il s'agit de :

- la destruction des habitats,
- la dégradation des habitats (y compris celle liée à la pollution),
- le changement climatique,
- la surexploitation des espèces,
- l'invasion des espèces et des écosystèmes,
- la propagation croissante de pathogènes (Primack et., 2012).

De son côté, la conférence d'Aichi a suggéré l'intégration de la biodiversité aux secteurs économiques suivants :

- l'agriculture,
- la foresterie,
- la pêche,
- les infrastructures,
- le tourisme.

La Tunisie ne fait donc pas exception quant aux secteurs économiques participant à l'érosion de la biodiversité. En effet, considérant la diversité des secteurs de l'économie tunisienne, il est incontestable qu'ils contribuent tous à la perte de la biodiversité, mais à degrés variables, selon l'importance socio-économique du secteur. Ainsi, parmi les secteurs les plus influents sur cette perte, on cite : l'agriculture et la pêche, l'industrie avec les différents sous-secteurs.

2. LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE

2.1. EFFETS DE L'AGRICULTURE SUR LA BIODIVERSITÉ

Le Sommet de la Terre de Rio (1992) a accordé une importance au secteur de l'agriculture, dans un processus de développement durable, plus particulièrement à sa relation avec la biodiversité. À l'heure actuelle, et partout dans le monde, l'agriculture constitue un secteur d'activité qui s'est amplement modernisé au cours des cinquante dernières années, notamment en substituant des intrants industriels aux services écologiques fournis par la biodiversité. Ce dernier concept englobe, pour rappel, trois niveaux d'organisation du vivant : la diversité écologique (ou diversité écosystémique), la diversité spécifique (diversité des espèces ou interspécifique) et la diversité génétique (ou intra-spécifique). L'agriculture moderne s'appuie alors sur la disponibilité et l'accessibilité aux intrants, comme l'eau, les fertilisants, les produits phytosanitaires, les machines de travail du sol, etc.

En Tunisie, comme dans plusieurs pays, le secteur de l'agriculture et de la pêche revêt une importance économique, sociologique et politique de grande envergure, et ce en raison de sa large contribution à l'atteinte des objectifs nationaux en matière de sécurité alimentaire, de création d'emplois, de maintien de l'équilibre régional et de la gestion des ressources naturelles. En effet, en 2017-2018, le secteur agricole et de la pêche contribuait à environ 10 % du PIB, en ayant atteint une croissance moyenne de 2,8 % par an sur la période 2011-2017, soit largement supérieure à celle du PIB national. Toutefois, les dépenses de l'état dans ce secteur sont relativement plus faibles qu'en 2017. À ce titre, la Tunisie n'a consacré que 4,6 % de ses dépenses publiques au secteur de l'agriculture et de la pêche (Chebbi & al, 2019)**.** Ceci demeure largement en deçà de la contribution de ce secteur au PIB national dans l'économie tunisienne (Tableau 3).

Tableau 3 : Place du secteur agricole dans l'économie tunisienne (INS,2019)

Indicateurs	Tunisie
Superficie (Km^2)	163 610
Population (Millions d'habitants) dont % femmes	11,5 50,59 %
PIB (milliards de dollars courants)	40
PIB par habitant (dollars courants)	3490,8
Taux de croissance du PIB (%)	1,9
Part de l'agriculture dans le PIB (%)	9,2 (2016)
Terres agricoles arables (millions hectares) (2015) % Terres irriguées du total des terres agricoles (%)	2, 9 3,9 (2013)
Population rurale (millions) Croissance de la population rurale(% annuel)	3 0,18

Le tableau ci-dessus montre l'importance du secteur agricole au sein de l'économie tunisienne. Les diverses activités de ce secteur impactent incontestablement la biodiversité, qu'elle soit en milieu marin ou en milieu terrestre.

En ce qui concerne l'emploi, le secteur agricole et de la pêche emploie actuellement près de 14,5 % de la population tunisienne active, soit plus que 500 000 emplois en 2018 (INS,2019). La création d'emplois dans ce secteur justifie son envergure et surtout sa puissante dépendance aux ressources naturelles terrestres et marines (Figure 5).

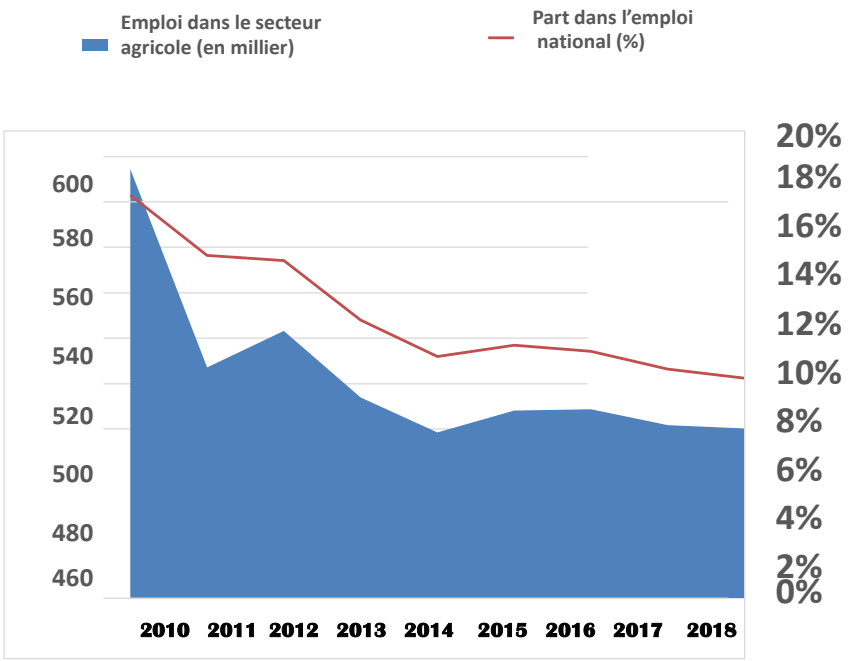


Figure 5 : Place du secteur agricole dans l'emploi en Tunisie (INS, 2019)

En outre, en Tunisie, la production agricole se caractérise essentiellement par le développement, depuis plusieurs décennies, des spéculations, céréalière et arboricole.

Ainsi, avec un total de 870 millions de dinars (MDT) en moyenne pour la période 2014-2016, la production de céréales représente près 8,6 % de la valeur de la production agricole tunisienne (hors pêche). Cependant, depuis ces 15 dernières années, la production de céréales accuse une baisse notable, en dépit des moyens importants accordés par l'État à cette filière, qui demeure étroitement dépendante des aléas climatiques.

Sur la période 2012-2016, et pour toutes les espèces de céréales, la production nationale est estimée à 83,392 millions de quintaux. Cette production ne parvient pas à satisfaire la demande incessante, notamment en blé tendre destiné à la fabrication de pain, occasionnant une dépendance toujours plus forte aux importations. Les céréales constituent donc un élément central de la société et de l'agriculture tunisienne. D'autre part, la céréaliculture est aussi un important générateur d'emplois agricoles (en particulier de la main d'œuvre familiale).

En plus des céréales, le secteur oléicole représente l'une des principales activités agricoles tunisiennes avec une importance socio-économique indéniable. À ce propos, les oliveraies tunisiennes s'étendent sur une superficie d'environ 1,672 million d'hectares, soit plus que 10 % de la surface du territoire national. Cette culture s'observe dans toutes les régions de la Tunisie. En année productive, la culture de l'olivier offre un revenu à plus d'un million de personnes, ce qui lui confère un rôle clé dans la stratégie de la politique agricole tunisienne.

Au niveau de la rentabilité, la production oléicole offre à la Tunisie environ 982 millions de dinars, ce qui représente en moyenne, sur la période 2014-2016, près de 30,5 % de la valeur de la production arboricole et 9,2 % de la valeur de la production agricole totale (hors pêche).

L'élevage constitue à son tour une filière de grande importance au sein de l'agriculture tunisienne. Ainsi, la production de viande et de lait est une autre filière agricole importante en Tunisie, tant en termes de création de richesses que d'emplois dans les différentes régions du pays. Enfin, les cultures irriguées n'ont cessé de s'accroitre du point de vue de leur superficie et de leur diversité. Cet accroissement est lié à la construction de barrages, ainsi qu'à l'exploitation souvent à outrance des nappes hydriques souterraines. Le système de ces cultures irriguées étant hyper intensif, il constitue

un mode où le recours aux intrants chimiques et aux semences importées est une condition sine qua non pour sa rentabilité.

Par ailleurs, en dépit de son grand intérêt pour l'économie tunisienne, et surtout de sa contribution au PIB national et à l'emploi, l'agriculture peut avoir un impact non négligeable sur l'environnement. Ses effets négatifs aussi graves sont-ils, engendrent notamment : la dégradation des écosystèmes et des habitats, la dégradation des sols, de l'eau et de l'air, la perte des espèces, etc. En revanche, l'agriculture a aussi des effets positifs, puisque les cultures et les sols absorbent les gaz à effet de serre par exemple, et certaines pratiques agricoles, convenablement réalisées, atténuent les risques d'inondation.

Dans le tableau ci-dessous sont présentées les superficies des différentes activités agricoles en Tunisie.

Tableau 4 : Répartition des superficies des différentes activités agricoles en Tunisie (source INS)

Utilisation du sol	Superficie en (ha)
Formations forestières	679. 099
Autres formations forestières	336. 788
Terres incultes	131. 855
Sous total	**1 141. 628**
Terres de parcours & Alfa	4 500. 775
Milieux rupicoles	86. 880
Mosaïque agriculture-steppes	626. 176
Terres agricoles	4 503. 112
Eaux et zones humides	800. 778
Désert	4 555. 957
Terrains construits	184. 694
Total général	**16. 406. 114**

Ce tableau montre que la superficie totale consacrée aux différentes activités agricoles concerne environ les 2/3 du pays. À l'exception des bois et forêts, des pâturages et des nappes d'Alfa, qui sont des étendues de végétation naturelle, le reste des superficies sont artificialisées, donc défrichées de toute végétation naturelle. En outre, ces terres agricoles étant très convoitées par les agriculteurs eux-mêmes, elles sont défavorables à l'installation de la faune. Cette dernière ne supportant pas la présence humaine, elle se réfugie vers les zones les moins fréquentées. À titre d'exemple, le suivi temporel des oiseaux communs montre que c'est dans les zones agricoles que le déclin des populations est le plus rapide, en raison de la forte perturbation de ces zones.

Selon les scénarios du GIEC (Groupe Intergouvernemental des études du Climat), relatifs aux changements climatiques en milieu méditerranéen, et actualisés par l'Institut National de la Météorologie (INM), ainsi que les résultats des nouvelles projections publiés en 2018 pour la Tunisie, on prévoit une augmentation des températures moyennes annuelles, susceptibles de varier entre 2,1°C et 2,4°C à l'horizon 2050, et entre 4,2°C et 5,2°C vers la fin de 2100. On prévoit en outre une régression des pluviosités moyennes annuelles, qui varieront entre -1 % et -14 % en 2050, et entre -18 % et -27 % en 2100. D'autre part, des événements pluvieux imprévisibles de forte intensité pourront se produire, ce qui engendrerait des inondations et des crues fréquentes. La Tunisie serait en conséquence marquée par un climat plus chaud et sec, qui gagnerait, avec le temps, la partie septentrionale du pays. La confirmation de tels scénarii aurait de graves conséquences sur l'agriculture, dépendante d'ailleurs en majorité de la pluie, notamment la céréaliculture, ce qui accentuerait la dépendance alimentaire du pays de l'étranger.

Aussi, considérant l'étroite relation entre la valorisation et la mobilisation des ressources naturelles et l'agriculture, on présentera, dans ce qui suit, l'impact de cette dernière sur les habitats et la biodiversité. Aussi, afin d'atteindre cet objectif, il importe de scinder le secteur de l'agriculture en différents sous-secteurs, tout en excluant la pêche et les milieux marins. La répartition sous-sectorielle de l'agriculture tunisienne serait ainsi la suivante :

1- les grandes cultures (les céréales, les légumineuses et les cultures industrielles) ;

2- l'élevage (bovin, ovin et caprin, volaille, espèces diverses et production fourragère) ;

3- l'arboriculture (en sec : olivier, amandier, pistachier, figuier, vigne, arbres à noyau divers ; en irrigué : agrumes, palmier dattier et autres) ;

4- les cultures maraîchères (irriguées : tomates, piments, artichauts, haricots, pommes de terre, etc. ; en sec : melons et pastèques, etc.) ;

5- les forêts (bois, liège, alfa, romarin, etc.).

Dans les chapitres qui suivent, on montrera l'impact de chacun de ces sous-secteurs sur la perte de la biodiversité.

2.1.1. IMPACT DE LA CÉRÉALICULTURE SUR LA BIODIVERSITÉ

La Tunisie est depuis longtemps un pays de production céréalière. Cette filière s'est considérablement développée à l'époque romaine, puisqu'on parlait de Carthage comme étant ''le grenier de Rome''. C'est à cette époque aussi qu'eut lieu la plus grande destruction de la biodiversité dans le pays, puisqu'il y avait la nécessité de produire d'importantes quantités de céréales, nécessaires à nourrir 1 million d'âmes romaines. Ce fut alors la grande époque du défrichement tout azimut (forêt, steppes, zones humides, etc.) pour la pratique de la culture des céréales, céréales qui seront ensuite acheminées vers Rome. Cet effort de céréaliculture s'est poursuivi jusqu'à l'époque pré et postcoloniale, où les vastes étendues des plaines de la Tunisie septentrionale ont été défrichées au profit de l'agriculture, notamment des grandes cultures. Après l'indépendance du pays, le désir d'atteindre l'autosuffisance alimentaire a contraint les autorités du pays à accroitre au maximum les emblavures. Les cultures des céréales se sont alors étendues sur presque tout le territoire, depuis le nord jusqu'au sud du pays. À l'heure actuelle, les céréales occupent 36 % de la surface agricole utile (SAU) du pays (MARH, 2020), en se classant à la seconde position après l'arboriculture fruitière, y compris l'oléiculture. Tout cela a été réalisé aux dépens de la végétation naturelle. En année sèche, toutes les superficies réservées à la céréaliculture restent en friches, et sont utilisées comme pâturage.

Ainsi, actuellement les superficies des céréales pratiquées en Tunisie sont les suivantes :

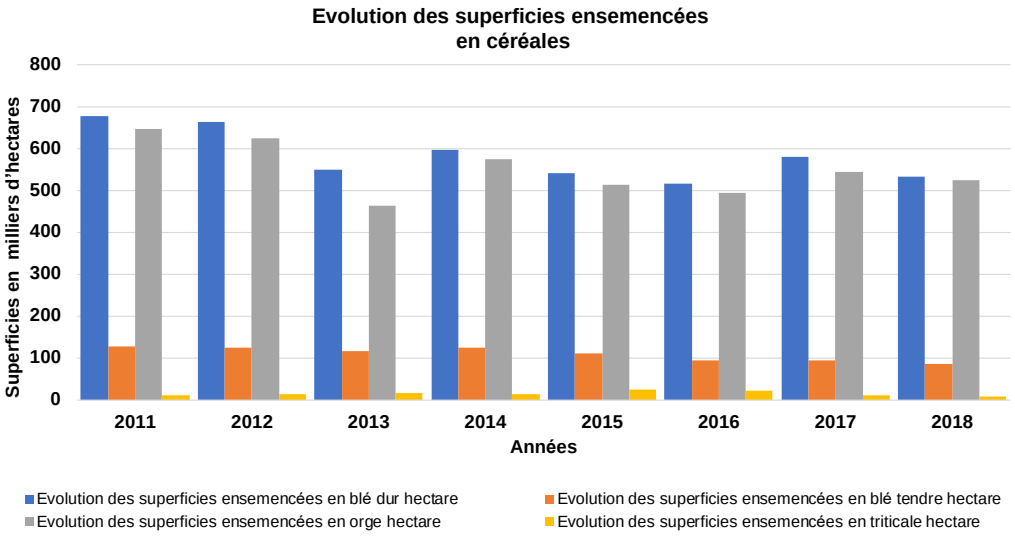


Figure 6 : Évolution des superficies ensemencées en céréales au cours des dernières années (source INS, 2019)

Ces superficies montrent que les cultures du blé et de l'orge sont les plus pratiquées dans la céréaliculture. Ces deux espèces sont pratiquées depuis l'extrême nord du pays jusqu'à l'extrême sud, où les précipitations sont généralement faibles et surtout irrégulières. Cependant, selon les études agronomiques, la limite de rentabilité des céréales correspond à la zone où les précipitations sont supérieures ou égales à une moyenne annuelle de 250 mm. En Tunisie, cette limite correspond à la zone d'Enfidha. En d'autres termes, en deçà de cette moyenne pluviométrique, le rendement céréalier serait faible, et la culture ne serait pas rentable. En revanche, dans les régions de faible pluviosité, les zones défrichées pour les céréales seront ensemencées une fois tous les 5 ans, soit une probabilité de 0.2. Ces zones défrichées, ayant déjà perdu toute la biodiversité, seront en plus exposées aux processus érosifs (hydriques et éoliens). De même, souvent, y poussent des espèces annuelles, à caractère envahissant, tel qu'on peut le voir sur la figure ci-dessous.

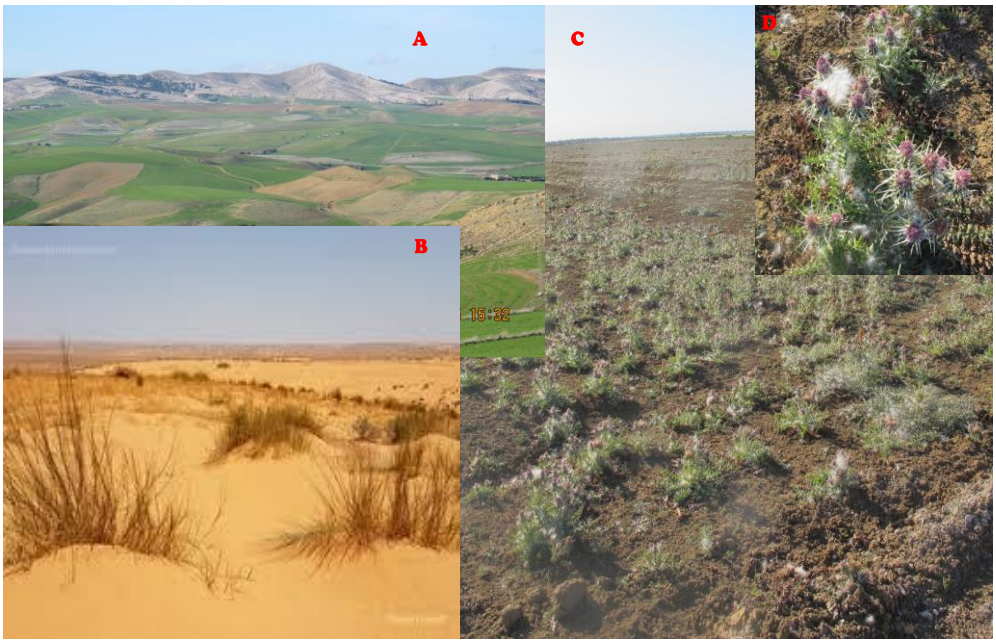


Figure 7 : Impact du défrichement sur l'érosion de la biodiversité et du sol (A : effet de l'érosion hydrique, B : effet de l'érosion éolienne, C : colonisation d'une jachère de céréales par une Sylibum marianum, D : espèce autochtone envahissante)

En outre, la culture des céréales, bien qu'intéressante pour l'économie du pays, et surtout l'économie en devises pour l'importation durant les années de bonne production céréalière, est cependant désastreuse pour la biodiversité, et ce pour les raisons suivantes :

- Culture monospécifique, pratiquée en absence totale de toute autre espèce végétale compagne, ce qui élimine toute richesse et diversité spécifique végétale.
- Le travail du sol et les façons culturales répétées éliminent toute autre espèce potentiellement apte à se développer avec la céréale. La banque de semences du sol sera dans ce cas très pauvre, voire inexistante, ce qui entrainera l'élimination de toute autre espèce végétale.
- Les façons culturales et les travaux répétés au sol, notamment par l'usage de la charrue à disques, effritent les particules du sol, détruisent sa structure, et l'exposent au processus de l'érosion hydrique et éolienne. Ce phénomène, irréversible, constitue une importante perte pour l'habitat et les espèces.
- La céréaliculture est le plus souvent accompagnée, pour être rentable, de traitements pesticides, notamment herbicides, ce qui occasionnera la disparition du cortège des autres espèces. De même, des traitements fongicides et/ou insecticides seront appliqués en cas de nécessité.
- Les traitements pesticides, appliqués en céréaliculture, provoquent le déclin des espèces animales, de toute catégorie, notamment l'avifaune et les insectes, comme les pollinisateurs. Il en est de même pour la pédofaune, qui participe au turnover de la matière organique et à l'amélioration de la fertilité du sol. Celle-ci étant très vulnérable à l'action des pesticides, elle disparaît rapidement, ce qui engendre la stérilisation du sol et la baisse de sa fertilité.
- Le plus souvent, les céréales sont pratiquées sur des terres marginalisées, couvertes de végétation naturelle. Ces terres défrichées au profit de la culture des céréales constituent une perte irréversible des habitats et des espèces.
- En plus de la pollution par les pesticides épandus, les intrants chimiques appliqués aux cultures des céréales, notamment les engrais chimiques, provoquent la pollution du sol et des nappes, ainsi que les aquifères de surface (lacs, barrages, zones humides, etc.). L'accroissement de la richesse de ces aquifères en azote et en phosphore engendre le phénomène de l'eutrophisation, et le développement des macrophytes.
- L'emploi des variétés importées, non adaptées au contexte édaphoclimatique tunisien, constitue lui-même une cause de perte de la biodiversité, par l'abandon des variétés locales.
- Durant les années sèches, les terres des céréales sont maintenues en friche. Il s'ensuit leur colonisation par des espèces annuelles envahissantes, le plus souvent spinéscentes, et n'ayant aucun intérêt pastoral. Ces espèces, appartenant le plus souvent à la famille des *Asteraceae*, se caractérisent par un important potentiel de production de graines leur permettant d'envahir d'autres endroits.

La figure ci-dessous résume l'ensemble des impacts des cultures céréalières sur les espèces et les habitats. Il s'agit d'un sous-secteur aux fortes conséquences sur la perte de la biodiversité en Tunisie.

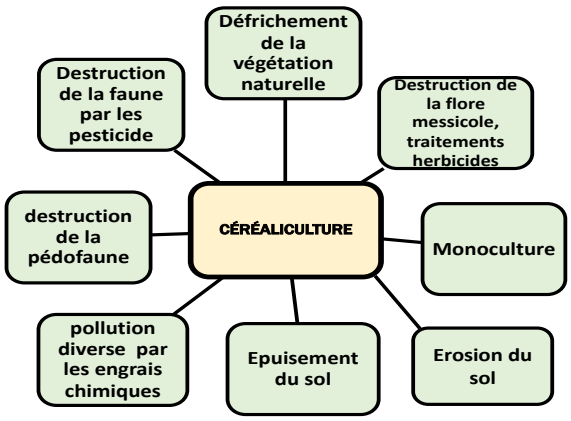


Figure 8 : Impact de la céréaliculture sur la biodiversité et les habitats

2.1.2. IMPACT DE L'ÉLEVAGE SUR LA BIODIVERSITÉ

Dans l'un de ses rapports, la FAO affirme que l'élevage est l'une des causes principales des problèmes environnementaux les plus pressants, à savoir le réchauffement de la planète, la dégradation des terres, la pollution de l'atmosphère et des eaux, et la perte de biodiversité.

En effet, la modification des habitats par l'élevage remonte à environ 10 000 ans, quand il y a eu le début de la domestication des habitats et des espèces. À cette époque, l'utilisation du feu de bois, le pastoralisme et le début de l'agriculture furent les principaux impacts. Ainsi, la plupart des ressources naturelles mondiales ont été modifiées par les activités humaines, et certaines zones ont été largement détruites par la déforestation, l'agriculture et le surpâturage. À titre d'exemple, en Amérique latine, la progression de l'élevage, principale activité agricole, a provoqué la fragmentation des paysages, accompagnée d'une pollution des milieux et d'une érosion des sols, avec en particulier de graves conséquences pour la biodiversité.

Les problèmes liés au surpâturage résultent fréquemment d'une inadéquation entre l'effectif du cheptel et la capacité de la zone de pâturage à supporter cet effectif, ainsi que le piétinement. Ce phénomène est particulièrement plus fréquent dans les milieux à faible résilience, tel que le cas des zones semi-arides et arides. Ces dernières sont d'ailleurs caractérisées par une phytomasse irrégulière, dans l'espace et dans le temps. Ainsi, une pression animale excessive sur les habitats et les écosystèmes des zones arides aboutit à la fragmentation, puis à la disparition des espèces herbacées, avec notamment l'accroissement du sol dénué de végétation, phénomène couramment désigné par la désertification. En outre, les animaux d'élevage constituent un péril pour la biodiversité de la Terre. Selon la FAO, cette catégorie d'animaux constitue environ 20 pour cent de la biomasse animale terrestre totale, et la superficie qu'ils occupent aujourd'hui était autrefois l'habitat de la faune sauvage. À titre d'exemple, dans 306 des 825 écorégions terrestres identifiées par le Fonds mondial pour la nature (WWF), les animaux d'élevage sont identifiés comme "une menace", tandis que 23 des 35 points chauds (hot spots) du monde pour la biodiversité sont caractérisés par de graves niveaux de perte d'habitats sous l'effet de l'élevage.

En Afrique du Nord, et plus particulièrement en Tunisie, la sédentarisation des populations, autrefois nomades, a engendré une surcharge animale sur les ressources végétales, ce qui s'est traduit par un phénomène de surpâturage sans précédent. Ce phénomène existe dans le nord, le centre et le sud du pays. Par ailleurs, le désir permanent des populations d'accroitre toujours les effectifs de leurs troupeaux a été à l'origine du phénomène de surpâturage.

Dans ce chapitre, nous présentons l'impact de l'élevage sur la perte de la biodiversité.

2.1.2.1. Aperçu sur le secteur de l'élevage en Tunisie

En Tunisie, l'élevage occupe une place importante au sein de l'économie, du fait qu'il contribue à raison de 35-40 % du PIB agricole, et 4-5 % du PIB global. C'est le second sous-secteur important après celui de la pêche. La structure du cheptel tunisien est la suivante :

Tableau 5 : Structure du cheptel en fonction de la région en Tunisie (ONAGRI, 2020)

Région	Bovins	Ovins	Caprins
Nord	72 %	38 %	27 %
Centre	24 %	39 %	21 %
Sud	4 %	23 %	52 %

D'après ce tableau, on remarque que les bovins, les ovins et les caprins existent dans les différentes régions du pays. Néanmoins, au nord du pays, il y a la dominance des bovins, suivis des ovins ; dans le centre, on souligne la dominance des ovins, suivis des bovins ; et dans le sud, la dominance des caprins, suivis des ovins, tandis que l'élevage bovin est négligeable (4 %).

2.1.2.1.1. L'élevage bovin

L'élevage est pratiqué en Tunisie en mode intensif et extensif. L'élevage bovin est majoritairement pratiqué en mode intensif, ou en stabulation libre ou entravée, particulièrement au nord du pays. En ce qui concerne les effectifs des bovins, l'inventaire national montre que le cheptel bovin est composé d'environ 600 000 têtes, dont les deux tiers sont localisés au nord du pays (Figure 9). Le centre du pays abrite environ 1/3 du cheptel bovin, et enfin, au sud, ce type d'élevage est négligeable.

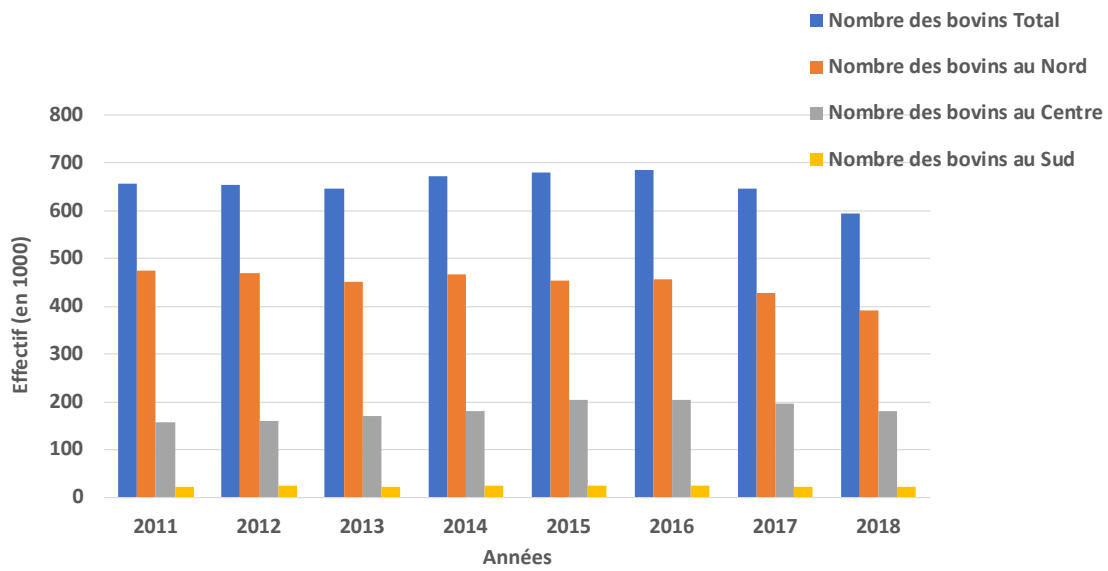


Figure 9 : Effectifs du cheptel bovin en Tunisie (source : ONAGRI, 2020)

Au nord du pays, l'alimentation du cheptel bovin est réalisée par des fourrages en vert (bersim, luzerne, orge en vert, ensilage) et aussi par du foin. L'alimentation aux dépens des prairies représente un faible taux dans la ration de l'animal. Par contre, l'élevage est intégré à l'agriculture, notamment les résidus des cultures qui constituent une partie de la ration alimentaire des bovins. Donc l'impact de ce type d'élevage sur la biodiversité est négligeable. En revanche, ce type d'élevage produit

d'importantes quantités de lisier, qui sont de véritables polluants des nappes d'eau en raison de leur teneur élevée en azote et en phosphore. Au centre du pays, l'élevage bovin est réalisé surtout avec une alimentation à base de foin et de concentrés. Il est aussi intégré à l'agriculture, par l'utilisation des résidus des cultures dans l'alimentation du bétail, notamment les résidus des cultures irriguées, ainsi que les sous-produits de l'olivier. Le problème majeur auquel est confronté l'élevage bovin en Tunisie est la question de la race. Pour les races des bovins utilisées en Tunisie, on souligne le remplacement de la race locale par d'autres races importées, notamment la race pie noire importée, nettement plus productrice. Le croisement entre cette race allochtone et la race locale engendre un hybride moyennement adapté au climat chaud et sec de la Tunisie. Face à cet important effort d'importation des races étrangères, on ignore aujourd'hui le statut de la race locale dans la structure du cheptel bovin. C'est ainsi qu'il faut mettre en place un programme de recherche et d'études, afin de connaître ce statut.

2.1.2.1.2. L'élevage ovin

En ce qui concerne l'élevage ovin et caprin, il est conduit en mode extensif : les troupeaux s'alimentent aux dépens des pâturages et des parcours. L'élevage ovin est pratiqué dans les différentes régions du pays. Il s'agit de la principale source de ravitaillement du pays en viande rouge.

Selon l'Institut national des statistiques et l'ONAGRI, les effectifs des troupeaux d'ovins sont les suivants :

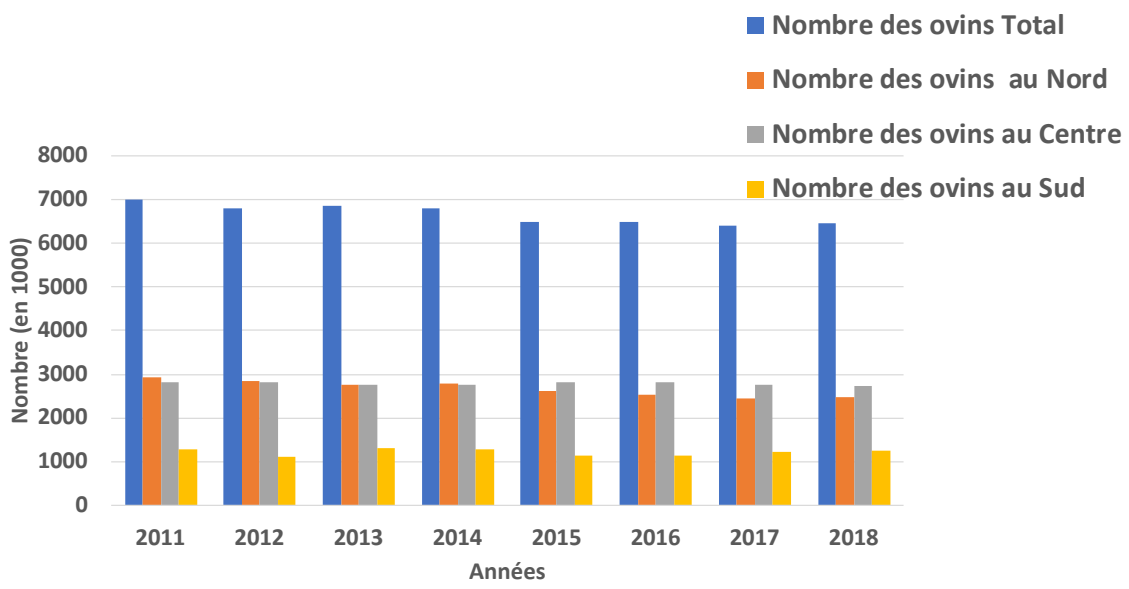


Figure 10 : Effectifs du cheptel ovin en Tunisie (source : ONAGRI, 2020)

D'après cette figure, on constate une stabilité des effectifs totaux durant ces dernières années.

2.1.2.1.3. L'élevage caprin

Les caprins constituent une composante non négligeable de l'élevage tunisien. On rencontre ce type d'élevage dans les différentes régions du pays. Cependant, selon des traditions anciennes, notamment culinaires, la région du sud est la plus concernée par ce type d'élevage. C'est pourquoi on y observe l'effectif le plus important.

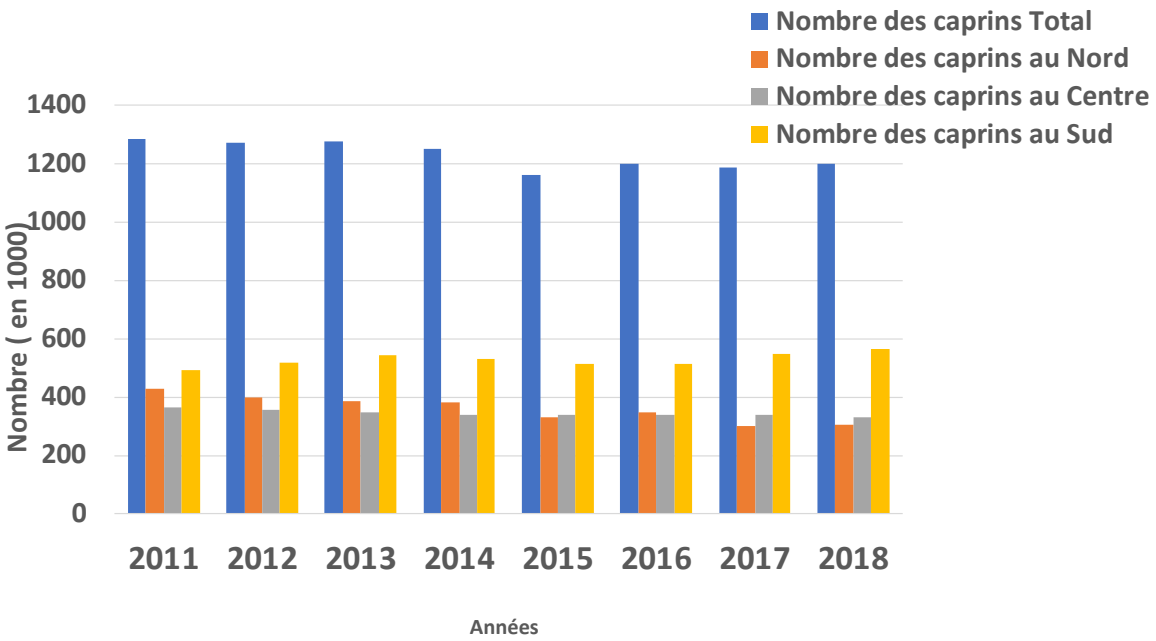


Figure 11 : Effectifs du cheptel caprin en Tunisie (source : ONAGRI, 2020)

Toutefois, comme la race de chèvre locale est peu productive (viande et lait), mais très bien adaptée aux conditions climatiques de la Tunisie, il y a eu, durant les années 2000, des tentatives d'introduction de races étrangères, comme la race Alpine (de la France), la race Murciana (de l'Espagne) et la race Damasquine (de Chypre). Des actions de croisement et d'hybridation et d'amélioration de ces races étrangères avec la race locale ont été réalisées. Les résultats ont fait que les races Alpine et Murciana n'ont pas pu s'acclimater aux conditions environnementales tunisiennes alors que la race Damasquine a pu être adaptée. On y voit donc encore quelques têtes, facilement reconnaissables par leurs longues oreilles pendantes, parmi les troupeaux dans le sud et le centre du pays ; cela ne présente qu'un faible pourcentage parmi les effectifs, donc un risque minime d'érosion génétique de la race caprine locale.

2.1.2.1.4. L'élevage camelin

En Tunisie, l'effectif de dromadaires a considérablement chuté depuis la fin du siècle dernier, passant de ce fait de 250 000 têtes en 1950 pour se stabiliser aux environs de 100 000 têtes les dix dernières années dont 70 000 individus femelles. La région du sud tunisien constitue le lieu de l'élevage camelin, qui totalise environ 70 000 têtes dont 50 000 femelles. Le dromadaire est considéré comme un animal noble, jadis une locomotive de la civilisation arabe et islamique (c'est le « vaisseau du désert »). Il s'agit un excellent animal de rente élevé pour la production d'une viande (surtout le jeune chamelon) très prisée par certains consommateurs, très appréciée également pour son lait connu comme hypoglycémiant. En Tunisie, le dromadaire est plutôt confiné dans les précaires conditions sahariennes et désertiques. Il fait partie des quelques rares espèces animales à pouvoir digérer le régime sec et ligneux qu'offre la végétation du désert. Il s'agit aussi de l'unique animal domestique à pouvoir traverser le désert et marcher sur son sable brûlant. Au niveau alimentation, le dromadaire se présente comme un animal particulier. Il fréquente en particulier les écosystèmes des milieux salins, où il est la seule espèce animale domestique à valoriser la végétation halophile (*Halocnemum strobilaceum, Arthrocnemum macrostachyum, Salsola tetrandra, Suaeda mollis, Suaeda fruticosa, Suaeda mollis, Atriplex halimus*, etc.). Ces écosystèmes se caractérisent souvent par un important couvert végétal, mais une faible richesse et diversité spécifique. Néanmoins, en année pluvieuse, l'abondance de la végétation annuelle améliore la qualité alimentaire de ces steppes. Par ailleurs, on les rencontre particulièrement en Tunisie centrale et méridionale. Il s'agit donc de parcours camelins.

En somme, le secteur de l'élevage occupe une place importante au sein de l'agriculture et de l'économie tunisiennes. L'effectif total du cheptel national est d'environ 600 000 têtes de bovins, 7 millions de têtes d'ovins et 1,2 million de têtes de caprins. L'alimentation de ce cheptel, aussi colossale soit-elle, est effectuée à base d'aliments concentrés, de résidus des cultures, et aussi aux dépens des formations végétales naturelles, dont on en observe déjà l'impact, depuis le nord jusqu'au sud du pays, par l'abondance des zones de surpâturage.

Dans les paragraphes qui suivent, on présentera l'impact de l'élevage sur l'érosion de la biodiversité en Tunisie.

2.1.2.2. L'élevage, moteur de l'érosion de la biodiversité

D'une façon générale, une forte intensité de pâturage tend à avoir un effet négatif marqué sur la richesse spécifique des différents types d'organismes : végétaux, arthropodes, petits mammifères et faune du sol. Toutefois, la richesse en oiseaux peut être plus élevée dans les milieux les plus pâturés, même si l'abondance de chaque espèce est plus faible. Des niveaux modérés de pâturage conduisent à une augmentation de la richesse spécifique des plantes et de l'abondance de certains organismes du sol. Pour les plantes, la richesse spécifique tend à diminuer lorsque la pression de pâturage est particulièrement faible, notamment dans des situations de productivité élevée du milieu (plus de 2 t/ha). De même, le nombre et la diversité fonctionnelle de certains organismes (nématodes, amibes, champignons mycorhiziens), est plus importante avec des niveaux modérés de pâturage. Les impacts de différentes espèces herbivores (ovins, caprins, bovins, camelins) sur la richesse des communautés végétales montrent que des effets positifs peuvent résulter d'un pâturage plurispécifique lorsque les herbivores ont des régimes alimentaires complémentaires et que la pression de pâturage reste à un niveau modéré. Enfin, la diversité fonctionnelle de la microfaune du sol tend à diminuer dans les conditions de fort pâturage. Les différentes conséquences de l'élevage et du surpâturage sont ainsi multiples, à savoir :

2.1.2.2.1. Surexploitation et destruction des espèces

Rappelons que l'effectif total des cheptels en Tunisie avoisine les 9 millions de têtes (toute espèce confondue). Le plus faible effectif est celui des bovins, suivis des caprins, alors que les ovins sont les plus nombreux en Tunisie. L'élevage bovin est majoritairement dépendant des aliments concentrés, de fourrages verts, de résidus des cultures et de foins. Le pâturage dans les prairies et les parcours contribue avec un faible taux à la ration de l'animal. Néanmoins, au nord du pays, le pâturage est effectué dans les prairies et les parcours sous forêt. En se mettant à la recherche d'espèces herbacées tendres, l'animal exerce une pression où toutes les *Poaceae* (pérennes et annuelles) sont les cibles du surpâturage. C'est ainsi que le cortège d'espèces graminéennes a considérablement chuté au sein des écosystèmes de toute la Tunisie. En ce qui concerne les ovins, signalons que le nombre de têtes tendait vers l'augmentation jusqu'à la fin des années 90, puis, grâce aux campagnes de sauvegarde et à la subvention des aliments concentrés, les effectifs se sont stabilisés (MARHP, 1997). Ce choix politique s'est traduit par une surcharge des parcours, vu que les surfaces réservées au pâturage ont diminué de moitié depuis les années 70 (9 millions d'hectares durant les années 70 contre uniquement 4,5 millions d'hectares de terrains de parcours naturels aujourd'hui). Ces parcours se scindent en 9 % de forêts, 7,5 % de parcours forestiers, 10,8 % de parcours alfatiers et 66 % de parcours ordinaires, ce qui a conduit à leur dégradation. Ce phénomène est également visible sous les différents types de bioclimats de Tunisie. Les ovins et les caprins sont les espèces les plus redoutables au niveau de la perte de la biodiversité. Dans le Tableau 6 ci-dessous, on constate l'ampleur de la dégradation des parcours dans les différentes régions. Ainsi, dans les différentes régions du pays, on constate l'ampleur du surpâturage, allant jusqu'à engendrer le phénomène de désertification qui touche les différentes régions, indépendamment du type de bioclimat. Les principales causes de cette désertification sont l'exploitation inappropriée des ressources, le surpâturage, et l'érosion du sol.

Tableau 6 : Conséquences diverses du surpâturage sur les écosystèmes (Source : MARHP, 2010)

Superficie menacée	Région	Causes de désertification	Phénomènes de désertification	Processus de dégradation des terres	Conséquence de la désertification	Quantification de la dégradation
4,5 M ha de terres de parcours	Nord	Exploitation inappropriée	Dégradation qualité des parcours	Raréfaction espèces appétées	Réduction surface des parcours	Surface à flore dégradée
	Centre	Surpâturage Taille cheptel Sécheresse	Déficit de régénération des plantes	Diminution production/ha	Déstabilisation	Surface surexploitée
	Sud	Défrichement et technique culturale	Déstabilisation du sol	Fragilisation	Exposition érosion	Nb. ha céréales/an

En effet, le résultat le plus spectaculaire du surpâturage est la perte quasi-totale de la végétation de bonne valeur pastorale et la réduction du couvert végétal. Le sol se trouve ainsi exposé aux aléas climatiques et aux crues, ce qui engendre le phénomène de l'érosion du sol.

D'autre part, le surpâturage des espèces appétées par l'animal laisse le choix à l'animal d'être assez sélectif. Ainsi, la disparition des espèces appétées favorise la colonisation du milieu par des espèces non appétées, et surtout non acceptées par l'animal (Figure 12).

Effet du surpâturage sous climat semi-aride de Tunisie, avec dégradation totale de la végétation. Seules les espèces épineuses, non appétées par les animaux persistent. On remarque aussi que la dégradation des espèces pérennes a laissé la place à la succession par des espèces annuelles (thérophytes), qui n'occupent le sol que durant une courte période de l'année.

Effet du surpâturage sous climat aride et présaharien de Tunisie, avec dégradation totale de la végétation. Seules les espèces, non appétées par les animaux persistent (ex. *Hamada scoparia*). Le so dénudé est ainsi exposé à l'érosion éolienne, qui entraine son décapage, et sa perte irréversible.

Figure 12 : Effet du surpâturage sur la végétation au centre et au sud du pays

Sur cette figure, on souligne l'ampleur de la dégradation de la végétation naturelle des terrains de parcours pour les ovins et caprins. Ainsi, sous bioclimat semi-aride, le pâturage est tellement sélectif que toutes les espèces appétées ont disparu. Il ne reste qu'un tapis d'espèces annuelles de petite taille, signe d'une précipitation récente. En revanche, toutes les espèces pérennes ont disparu. Cette disparition entraine l'appauvrissement du stock semencier du sol, ce qui se traduira finalement par l'extinction des espèces végétales. Par contre, les espèces non appétées, et surtout les épineuses, vont devenir abondantes sur les terrains de parcours (Figure 12 ci-dessus). Sous bioclimat aride où, en plus des ovins, les effectifs des caprins sont importants, le surpâturage a profondément perturbé tous les écosystèmes et toutes les formations végétales steppiques (Figure 13). Le sol dénudé de la végétation se trouve ainsi exposé à l'action du vent, qui en provoquera l'érosion, et par conséquent la désertification. Ainsi, par exemple, en Tunisie méridionale plusieurs espèces de *Poaceae* pérennes,

comme *Cenchrus ciliaris, Digitaria nodosa, Stipa lagascae, Stipa parviflora, Sporobolus marginatus, Tricholaena teneriffae, Stipagrostis ciliata, Stipagrostis obtusa, Stipagrostis plumosa*, *Dactylis glomerata*, se sont raréfiées sur toutes les steppes tunisiennes. Ces espèces ont tellement subi l'impact du surpâturage que leur observation dans les écosystèmes de la Tunisie méridionale est presque occasionnelle. En plus des graminées pérennes, d'autres espèces appartenant à d'autres familles botaniques sont affectées par le pâturage. On cite l'exemple des *Fabaceae* comme *Argyrolobium uniflorum, Lotus corniculatus*, *Anthyllis henoniana*, *Spartidium saharae*, etc. Selon la FAO, environ 70 % de tous les parcours des zones arides sont considérés comme dégradés, surtout à cause du surpâturage, de la compaction des sols et de l'érosion imputables aux activités de l'élevage. Ceci est d'ailleurs le cas de tous les pâturages arides et semi-arides de Tunisie.

En milieu caillouteux, et plus précisément sur les regs, le surpâturage provoque l'extinction totale des espèces végétales appétées. La Figure 13 ci-dessous montre l'ampleur de la dégradation par surpâturage des nappes d'alfa, où seule *Hamada scoparia*, espèce non appétée, subsiste.

Figure 13 : Ampleur de la dégradation de la végétation, sous l'effet du surpâturage, sur les regs caillouteux des nappes d'Alfa (*Stipa tenacissima*) et développement de *Hamada scoparia*, espèce de dégradation, non appétée et toxique pour le bétail

2.1.2.2.2. L'élevage, source de gaz à effet de serre

Le secteur de l'élevage joue un rôle souvent méconnu dans le processus des changements climatiques et le réchauffement de la planète. À l'échelle mondiale, et à l'aide d'une méthodologie appliquée à l'ensemble de la filière, la FAO a estimé que l'élevage est responsable de 18 % des émissions de gaz à effet de serre, soit plus que les transports. Il représente 9 % des émissions anthropiques de CO_2, dont l'essentiel est dû à l'expansion des pâturages et des terres arables pour les cultures fourragères, et engendre des émissions bien supérieures à d'autres gaz ayant un potentiel de réchauffement de l'atmosphère. Au total, cela représente environ 37 % de méthane anthropique, pour la plupart provenant de la fermentation entérique des ruminants, et 65 % d'hémioxyde d'azote, découlant principalement du fumier. Signalons que les bovins, qui sont de gros ruminants, dégagent plus de gaz à effet de serre que les autres espèces animales. Ainsi, la quantité de méthane émise par les vaches est importante, et ceci suite à leur habitude de roter du méthane. De plus, les animaux nourris à l'herbe et aux fourrages grossiers produisent plus de méthane que ceux nourris aux céréales.

En Tunisie, l'élevage engendre des émissions importantes de méthane (CH_4) et d'oxyde d'azote (N_2O). En effet, avec plus 2,8 millions de téCO_2 (tonne-équivalent), ce secteur compte pour plus de 6 % des

émissions tunisiennes brutes de GES (Rapport MEAT, 2016). Ces émissions découlent essentiellement de la fermentation entérique (86 %) et de la gestion des déjections (14 %). En effet, la fermentation entérique génère exclusivement du CH_4. Il s'agit de la principale source d'émissions de CH_4 du secteur agricole (92 %), et se place en deuxième position des émissions de CH_4 en Tunisie, avec 34 %, après les émissions dues aux déchets ménagers. Les déchets animaux, notamment le fumier, génère, quant à elle, des quantités plus faibles d'émissions. Elle représente 7 % des émissions de CH_4 et 12 % des émissions de N_2O générées par le secteur Agriculture Forêts Autres Terres (AFAT). Le bilan des émissions brutes du secteur AFAT (Figure 14) met en valeur le poids de l'utilisation du bois (essentiellement le bois-énergie), avec presque le tiers des émissions brutes du secteur. L'élevage se situe en seconde position, avec un total de 26 % des émissions.

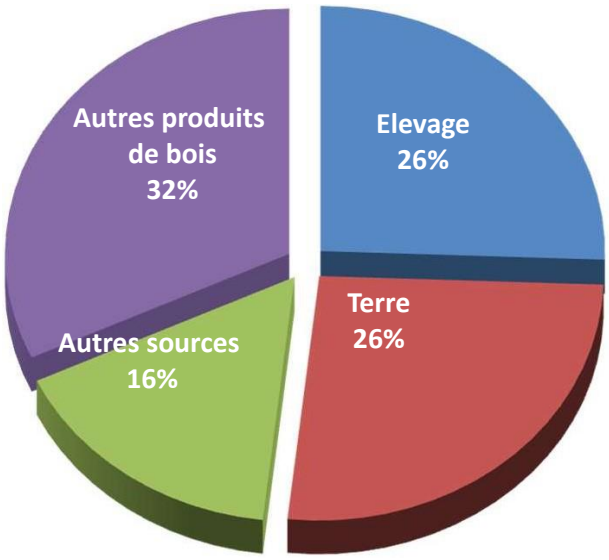


Figure 14 : Structure des émissions brutes de GES dues au secteur AFAT par catégorie en 2012 (MALE, 2016)

Par cette importante contribution aux rejets des gaz à effet de serre, l'élevage contribue de façon significative aux changements climatiques. Son impact sur la biodiversité est à ce niveau incontestable, en raison de l'augmentation des températures et de la régression des précipitations.

2.1.2.3. Conclusion

L'élevage constitue une composante fondamentale de l'agriculture tunisienne. Ceci apparaît au travers de sa contribution au PIB et à l'emploi en Tunisie. La production tunisienne en protéines animales permet au pays d'importantes économies en devises. La diversité des productions de ce secteur est complémentaire des autres activités du secteur agricole. Néanmoins, l'élevage contribue aussi à la perte de la diversité biologique. Ses conséquences peuvent être soit directes, comme la perturbation des écosystèmes et des habitats, ainsi que la raréfaction, voire l'extinction, des espèces ; soit également indirectes, comme le dégagement des GES, responsables des changements climatiques. En outre, sa contribution à l'érosion du sol et à la désertification, notamment au centre et au sud du pays, est considérable.
Avec la Figure 15, nous résumons l'ensemble des facteurs de la perte de la biodiversité et de la dégradation environnementale, résultant de ce sous-secteur agricole.

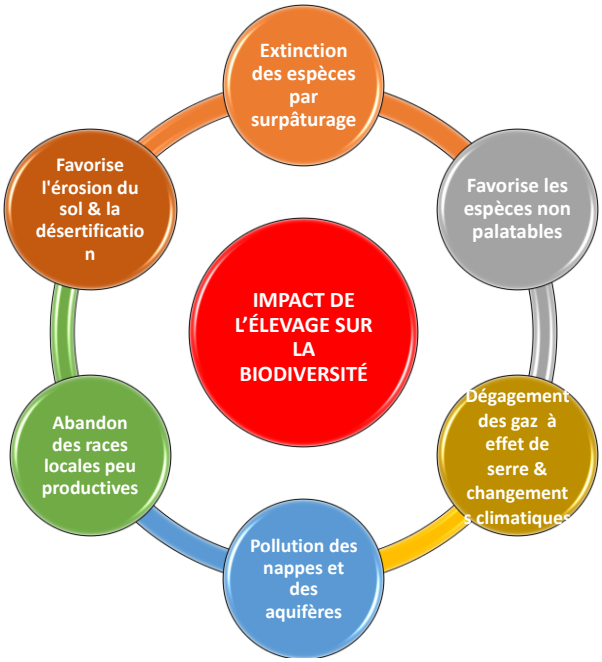


Figure 15 : Facteurs de la perte de la biodiversité et de la dégradation environnementale, dues à l'élevage

2.1.3. IMPACT DES PESTICIDES SUR LA BIODIVERSITÉ

Les pesticides sont des produits majoritairement utilisés en agriculture, pour lutter contre les maladies et les mauvaises herbes. Cependant, leurs effets affectent aussi les différents compartiments de l'environnement. En effet, en milieu équilibré et écologiquement stable, les différents compartiments environnementaux (sol, eau et biodiversité) interagissent mutuellement, pour la durabilité et la pérennité de cet équilibre (Figure 16). En cas d'application des pesticides, ces différents compartiments seront affectés par l'effet nuisible de ces produits chimiques, le plus souvent de très haute toxicité. Ceci provoque dans un premier temps une pollution le plus souvent irréversible de l'eau et du sol. La biodiversité est à son tour profondément affectée par des molécules mortelles pour la faune et la flore. Ces conséquences entrainent un déséquilibre écologique, affectant la productivité biologique des écosystèmes.

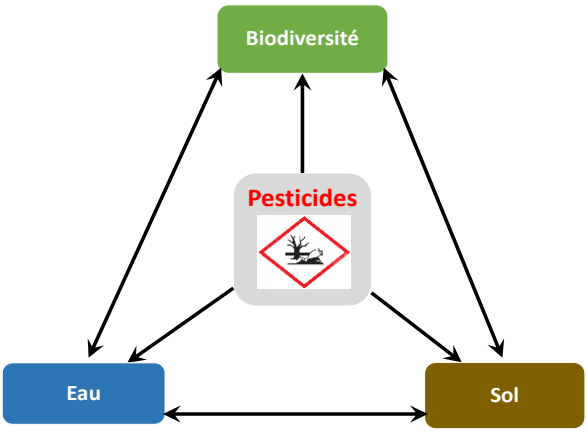


Figure 16 : Diagramme tridimensionnel des compartiments environnementaux, soumis à l'effet des pesticides

2.1.3.1. Place des pesticides au sein de l'agriculture en Tunisie

Selon le dernier rapport de l'IPBES (Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques), plus de 75 % des cultures mondiales produisant des fruits et graines pour notre consommation dépendent de la pollinisation animale, dont un tiers sont pollinisés uniquement par les abeilles. Or nous faisons face au déclin spectaculaire des insectes (y compris de nombreuses espèces de pollinisateurs) jouant un rôle essentiel à la production alimentaire mondiale. La valeur annuelle de la production agricole menacée par la perte des pollinisateurs s'élèverait ainsi à 530 milliards d'euros (IPBES, 2019). Les pesticides donc sont des produits chimiques dont le rôle est de :

- Protéger les cultures contre les organismes nuisibles : insectes nuisibles, maladies (champignons, etc.), mauvaises herbes, etc. ;
- Assurer des récoltes régulières (augmenter les rendements et éviter les pertes) ;
- Maintenir la qualité des aliments (ils en préservent l'aspect, conservent les qualités nutritionnelles et contribuent à une bonne conservation).

Ces produits ont, durant les dernières décennies, connu une ampleur d'usage en Tunisie, tel qu'on peut le voir sur la figure ci-après, comme dans le reste des pays.

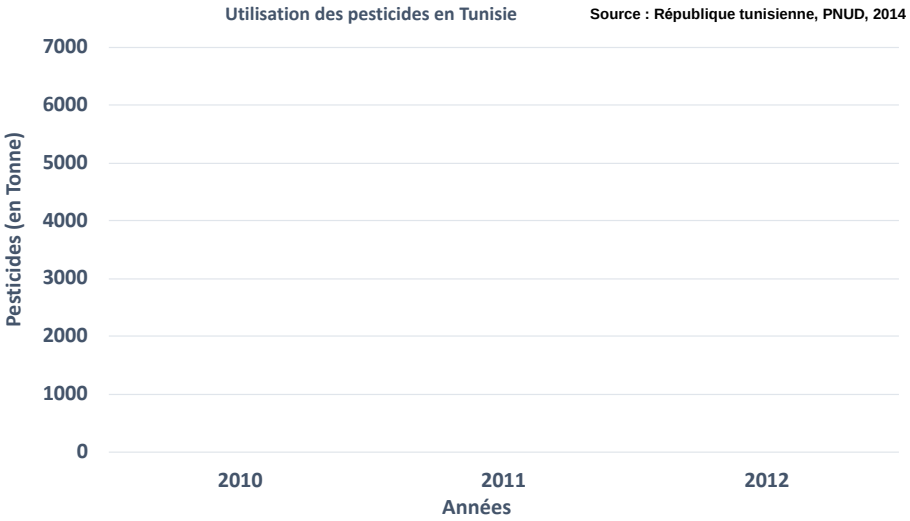


Figure 17 : Quantités de pesticides utilisées durant la période 2010-2012 (MARH & PNUD, 2014)

D'après cette figure, on remarque, du moins pour les années 2010 à 2012, une augmentation de l'utilisation des pesticides en Tunisie. Cette quantité est estimée à environ 6 500 tonnes pour l'année 2012. Cette quantité est considérable au vu des risques qu'elle peut engendrer pour la nature et la biodiversité.

En outre, cette ampleur est apparue avec le développement des cultures intensives et irriguées, où les conditions environnementales favorisent une diversité des maladies et agents pathogènes. En outre, avec le développement de la serriculture durant les années soixante-dix, l'usage des pesticides en Tunisie s'est encore accentué, dans la mesure où les conditions intérieures des serres sont favorables à la prolifération de plusieurs maladies (insectes, champignons), ainsi que le développement des adventices. Parallèlement, l'usage de plusieurs variétés importées de céréales, et non adaptées aux conditions édaphoclimatiques du pays, a contribué à l'apparition de plusieurs maladies, autrefois méconnues en Tunisie.

Pour faire face à tous ces agents pathogènes, le service de la protection des végétaux du ministère de l'Agriculture a mis en place des cellules de vulgarisation responsables de la protection des cultures, précédemment appelées ''Défense des cultures'', et implantées dans les différents CDRA du pays. Ainsi, afin de sauver les récoltes, des opérations de traitement ont été conçues, depuis les traitements à l'échelle de l'agriculteur jusqu'aux actions de traitement de grande envergure par des avions et menées par le ministère de l'Agriculture, notamment par l'intermédiaire de la SONAPROV

(Société nationale de protection des végétaux), qui organisait des campagnes de traitement ciblées, par exemple contre les parasites de l'olivier (campagne anti-psylle). Ces actions ont été à l'origine de l'importation des pesticides, dans la mesure où ces produits ne sont pas fabriqués en Tunisie.
À l'heure actuelle, les pesticides sont très largement utilisés en Tunisie, ce qui a permis l'importation annuelle de milliers de tonnes de ces produits hautement dangereux pour la nature et l'environnement.
Avant de présenter l'importance du secteur des pesticides en Tunisie, rappelons d'abord le cadre juridique qui organise cette filière.

- Rappel du Cadre réglementaire national relatif aux pesticides à usage agricole

- *Décret d´application n°92-2246 du 28 décembre 1992, fixant les modalités et les conditions d'obtention de l'homologation des pesticides à usage agricole, de leurs fabrication, importation, formulation, stockage et commercialisation.*
- *Décret n° 2002-3469 du 30 décembre 2002, modifiant le décret n° 92-2246 (au niveau des conditions de fabrication, importation et distribution des pesticides).*
- *Décret n° 2010-2793 du 15 novembre 2010, modifiant et complétant le décret n° 92-2246 du 28 décembre 1992, fixant les modalités et les conditions d'obtention de l'homologation et/ou APV des pesticides à usage agricole.*
- *Arrêté du ministre de l'Agriculture, de l'Environnement et des Ressources hydrauliques du 5 mai 2003 relatif à l'homologation du cahier des charges fixant les conditions de fabrication des pesticides à usage agricole, de leurs importation, formulation, stockage et commercialisation.*
- *Arrêté du ministre de l'Agriculture et de l'Environnement et du ministre des Finances du 3 juin 2011, fixant le montant et les modalités de perception de la contribution relative aux opérations de contrôle phytosanitaire, d'homologation, d'analyse des pesticides.*
- *Autorisation de Mise sur le Marché des pesticides à usage agricole.*
- *Obligation de répondre aux dispositions du cahier des charges pour importer, stocker, distribuer et pour mettre en vente.*
- *Répondre aux dispositions de l'article 17 de la loi n° 72 en date du 3 août 1992 (agrément).*
- *Répondre aux conditions administratives et techniques fixées dans le cahier des charges prévu par l'arrêté du 5 mai 2003 (promulgation de la loi n°2001-28 du 19 mars 2001 relative à la simplification des procédures administratives dans le secteur de l'agriculture).*
- *Obligation d'octroi de l'homologation pour la mise sur le marché, l'utilisation et la détention des pesticides.*

Ce cadre juridique permet de constater que la Tunisie a mis en place plusieurs lois organisant l'importation et l'utilisation des pesticides. Cependant, les problèmes émanant des pesticides sont trop complexes, et leur impact est visible dans les différents compartiments de l'environnement (eau, sol, biodiversité). Ceci s'explique par l'importance des quantités de pesticides importées en Tunisie, tel qu'on le voit sur la figure ci-dessous.

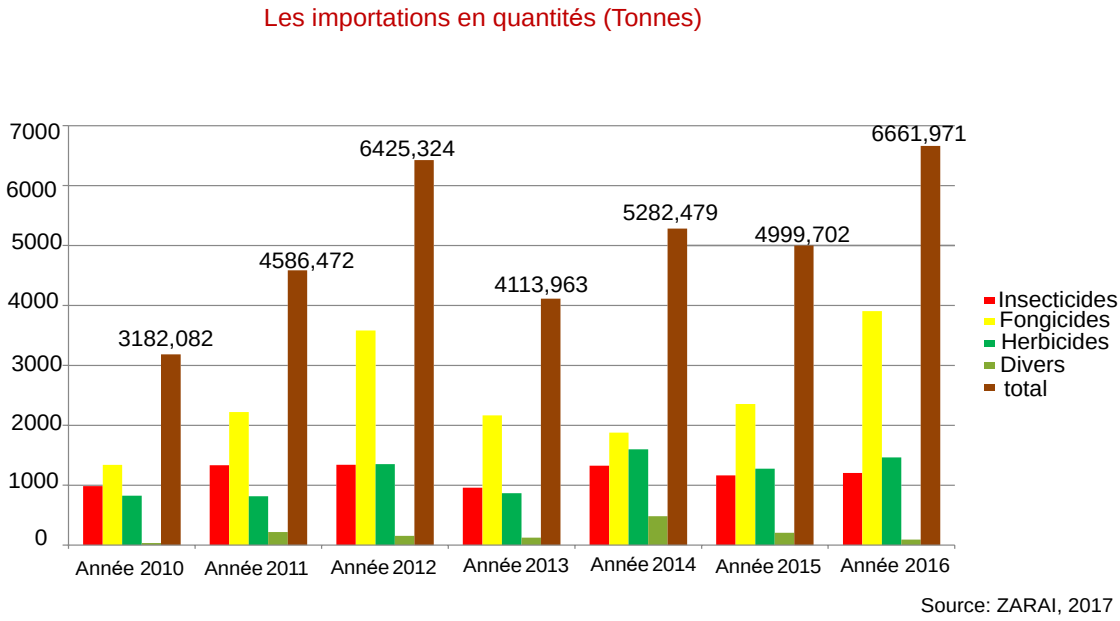


Figure 18 : Quantités de pesticides importées durant ces dernières années (Zarai, 2017)

D'après cette figure, on remarque que les quantités de pesticides annuellement importées sont trop importantes. Par exemple, rien qu'en 2016, environ 6 662 tonnes ont été importées, toutes catégories de produits confondues. Une fois ''larguée'' dans la nature, cette quantité constituera un désastre pour la chaine alimentaire, et plus précisément la faune et la flore. Les nappes souterraines et les aquifères de surface ne seront à leur tour pas épargnés des conséquences de ces pesticides. Les fongicides, les herbicides et les insecticides, les plus redoutables, constituent l'essentiel des importations. Dans le tableau ci-dessous, nous présentons la répartition des catégories de pesticides, importés et utilisés en Tunisie.

Tableau 7 : Nombre de substances actives et nom commercial des différentes catégories de pesticides importés

Pesticides/usages agricoles	Substances actives	Dénominations commerciales
Insecticides	64	174
Fongicides	69	205
Herbicides	48	92
Nématicides	06	07
Raticides	03	06
Divers	18	32

Signalons que, pour le secteur agricole, la consommation moyenne en pesticides calculée par SAU (3 500 à 4 000 T/an pour 4,9 millions d'ha) est de 0,714 kg/ha ; en France, elle est de 2,35 kg/ha sachant que le besoin de la France est de 72 000 T/an (3e consommateur en pesticides dans le monde).
Le taux de la quantité des pesticides par culture est consigné dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Taux des pesticides par culture (ANGED, 2013)

Culture	Céréales	Cultures maraichères	Arboriculture	Divers
%	34	25	24	16

Tableau 9 : Taux de des pesticides par famille chimique (ANGED, 2013)

Catégorie (famille chimique)	Fongicides	Insecticides	Herbicides	Autres
%	37	32	25	6

En ce qui concerne les cultures les plus concernées par les traitements pesticides, les cultures des céréales au nord du pays constituent la principale cible par les traitements. La superficie ainsi traitée est de 576 000 ha en 2014. D'après le Tableau 8 ci-dessus, et avec cette superficie, la culture des céréales est la cible principale de l'usage des pesticides, avec 34 %, suivie par les cultures maraichères et l'arboriculture fruitière, avec respectivement 25 et 24 % des pesticides utilisés. Pour les catégories des familles chimiques importées, les fongicides occupent la première place avec 37 % d'usage, suivis par les insecticides et les herbicides, avec respectivement 32 et 25 % des utilisations (Tableau 9).

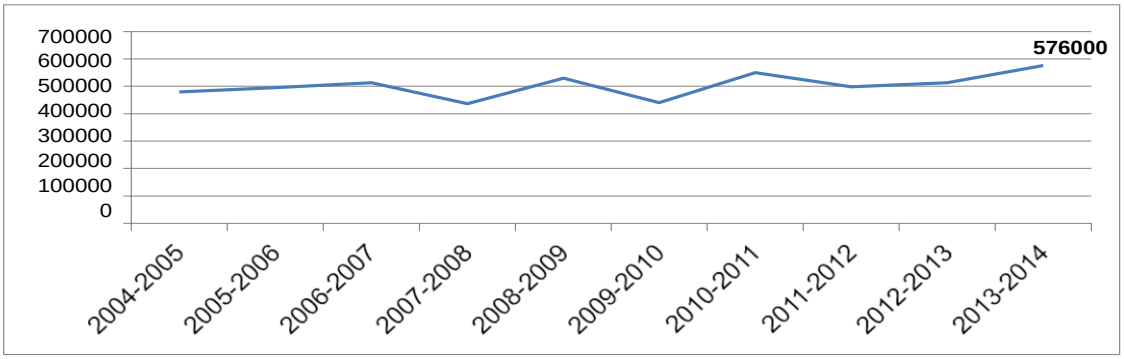


Figure 19 : Évolution des superficies des céréales traitées aux pesticides (Annuaire statistique de l'Agriculture, 2014)

Comme la culture des céréales est majoritairement pratiquée au nord du pays, région constituant le principal réservoir de la biodiversité en Tunisie et en même temps comportant la majorité des aquifères tunisiens, il s'ensuit une large pollution par ces pesticides, qui touchent tous les taxons d la faune et la flore.

En plus des pesticides épandus dans l'environnement, il faut signaler que les produits non utilisés finissent par perdre leurs effets et deviennent ainsi des produits périmés. Ainsi, selon la Banque mondiale (2013), en Afrique subsaharienne, il y avait plus de 50 000 tonnes de pesticides périmés, susceptibles de dégrader l'environnement dans cette région. En plus de leur impact sur la perte de la biodiversité, et la pollution de l'eau et du sol, ces produits polluants périmés peuvent causer chez l'homme des :

- cancers,
- allergies,
- troubles de la reproduction,
- dérèglements immunitaires,
- lésions du système nerveux.

En Tunisie, la quantité de pesticides périmés en 2007 était estimée à environ 1 170 tonnes, stockés dans 150 sites et 230 magasins. Cette quantité est considérable, surtout si elle n'est pas stockée avec des mesures de sécurité strictes. On se rappelle à ce propos des incidents causés il y a 4 ou 5 ans par

les pesticides périmés, qui furent enterrés à même le sol au CRDA de Sidi Bouzid, et les problèmes environnementaux que cela aurait pu engendrer. Une gestion rigoureuse des pesticides périmés doit être mise en place afin d'éviter tout risque de pollution supplémentaire par ces pesticides périmés.

2.1.3.2. Impacts des pesticides sur la biodiversité

Les pesticides ont un impact sur la diversité biologique. Le groupe le plus touché par les pesticides sont les insectes, notamment les butineurs comme les diptères, les lépidoptères, les hyménoptères, et les coléoptères, et aussi les insectes coprophages. En outre, les espèces qui sont situées en bout de chaîne trophique comme les mammifères et les oiseaux sont également affectées par les pesticides. Ces derniers ont des effets toxiques qui peuvent être directs, en agissant par élimination des organismes visés. Toutefois un nombre réduit de pesticides sont sélectifs, ayant un impact uniquement sur l'espèce cible. Dans la majorité des cas, ces produits détruisent plusieurs espèces d'un groupe ciblé, voire d'autres groupes, du fait qu'ils agissent sur des processus fondamentaux du métabolisme (croissance, reproduction) communs aux espèces cibles. D'autre part, ces pesticides épandus dans l'environnement peuvent avoir un effet indirect plus ou moins long sur l'écosystème. Ils modifient les biotopes naturels, la composition des associations floristiques et ainsi dégradent, voire détruisent, les habitats de la faune. Dans l'environnement, les pesticides peuvent avoir un large spectre, en touchant les mammifères, les oiseaux, les insectes et la pédofaune.

2.1.3.2.1. Impacts sur les mammifères et les oiseaux

❖ **Impacts directs**

- **Intoxication létale**

Dans la nature, les mammifères de petite taille et l'avifaune vivant ou utilisant les champs comme source de nourriture ou d'abris sont directement exposés aux effets des pesticides. Ces effets sont de différentes natures comme la mort subite, la mort prématurée, l'atteinte à la fertilité, les malformations, la baisse des défenses immunitaires, etc.
À juste titre, les pesticides organophosphorés, les carbamates et les raticides anticoagulants ont été identifiés comme source d'empoisonnement mortel pour les oiseaux. Ainsi, après ingestion, les petits rongeurs sortent de leurs terriers pour aller mourir à la surface afin de ne pas contaminer leurs congénères. Ils seront alors pris pour des proies par des rapaces et de petits carnivores (les mustélidés comme les renards, voire les sangliers et les blaireaux) qui se retrouvent eux-mêmes mortellement intoxiqués.

- **Intoxication sublétale**

Une intoxication par un produit pesticide peut être aussi sublétale : elle ne provoque pas la mort immédiate mais a des conséquences à terme sur les populations de faune, en provoquant des changements néfastes dans leur éthologie. À titre d'exemple, des études ont montré l'effet négatif des insecticides sur la reproduction du Bruant cendré (espèce menacée) lorsque les pulvérisations ont eu lieu durant la saison de reproduction. Les pulvérisations d'insecticides à moins de 20 jours de l'éclosion des œufs de cette espèce amènent à une taille de couvain plus petite chez le Bruant, un poids moyen plus bas des oisillons d'alouettes, et une survie plus faible des oisillons du Bruant (Boatman et al, 2004). De plus, le lien a été établi entre une plus grande fréquence de pulvérisation d'insecticides, herbicides ou fongicides et la chute du nombre d'invertébrés, considérés le plus souvent comme principale nourriture pour l'avifaune.

❖ **Impacts indirects**

Signalons que les impacts sur la biodiversité des pesticides pulvérisés dans l'environnement ne se limitent pas aux quelques jours qui suivent les traitements phytosanitaires. Leur rémanence peut s'observer bien après, du fait de la persistance des produits comme de la perturbation des équilibres des écosystèmes, et provoquer la réduction des disponibilités alimentaires, la modification des habitats et la contamination de la chaîne trophique.

- **La bioaccumulation**

Plusieurs produits pesticides persistent dans la nature et sont peu ou pas dégradables dans le sol. Ils peuvent se retrouver loin des lieux où ils ont été épandus. Après leur utilisation, ces pesticides vont s'accumuler dans les végétaux et dans les tissus adipeux des animaux. En outre, ils peuvent s'écouler au fil de l'eau et se concentrer dans les organismes tout au long de la chaîne trophique. Ainsi des organochlorés comme le DDT ou le lindane interdits depuis plusieurs années peuvent se retrouver dans les tissus adipeux de certains gros mammifères. On parle dans ce cas de bioaccumulation ; la consommation répétée de proies intoxiquées conduit à la concentration de certains pesticides non biodégradables dans l'organisme des prédateurs, ce qui les expose aussi aux problèmes d'intoxication.

- **La raréfaction de la ressource alimentaire**

Les produits insecticides et les herbicides à large spectre touchent les oiseaux de manière indirecte en réduisant l'abondance alimentaire (Vickery et al 2001). Les insecticides détruisent la nourriture de l'avifaune. Depuis 1970, la population d'hirondelles a chuté de 20 à 50 %. Cette chute est à priori liée au manque de nourriture dû aux insecticides.
Les herbicides provoquent la raréfaction d'une végétation qui peut être source de nourriture pour certaines espèces d'oiseaux ou servir de plantes hôtes pour les insectes. Les herbicides peuvent être la principale cause du déclin des populations de perdrix, en supprimant les adventices qui sont d'importantes plantes hôtes d'insectes (GCT 2004).

2.1.3.2.2. Impacts des pesticides sur les pollinisateurs

Les abeilles domestiques (*Apis millifera*) ou sauvages assurent la pollinisation des plantes à fleurs. Il est reconnu, notamment grâce à la vigilance des apiculteurs, que les abeilles domestiques mellifères et sauvages subissent la pression des acariens parasitaires, des maladies virales, de la prédation (frelon asiatique, grande guêpe originaire de la Chine et ayant investi tous les pays méditerranéens), de la perte d'habitat et des pesticides qui constituent les principales menaces environnementales. L'effet sur les pollinisateurs autres que les abeilles, est moins connu, mais syrphes, papillons et autres pollinisateurs subissent certainement les mêmes conséquences. De nombreuses observations montrent que les traitements phytosanitaires ont des effets importants sur l'ensemble des insectes pollinisateurs.
L'intoxication par du nectar, du pollen, de l'eau, voire du miellat de pucerons contaminés peut provoquer la mort des adultes ou des larves d'abeilles par exemple, ou réduire leur longévité. L'impact des insecticides systémiques agissant sur le système nerveux central des insectes, les insecticides systémiques sont très largement utilisés à travers le monde.
Les insecticides de la famille des néonicotinoïdes et des phénylpyrazoles sont appliqués sur la graine par enrobage des semences. Après le semis, ces pesticides vont diffuser dans le sol, pénétrer dans les racines et être véhiculés par la sève. À la floraison, il est possible de les retrouver dans les parties florales. Les insectes pollinisateurs qui vont butiner ces fleurs seront donc intoxiqués.

2.1.3.2.3. Impacts sur les organismes du sol

La pédofaune est connue pour sa richesse et sa diversité spécifique, notamment en milieu riche en matière organique. Les organismes du sol sont souvent affectés par l'utilisation des pesticides à tous ses niveaux : microorganismes (bactéries, champignons), microfaune (nématodes, protozoaires), mésofaune (micro-arthropodes, collemboles, acariens) et macrofaune (vers de terre, termites, fourmis, diplopodes, chilopodes, etc.) (Barrios, 2007). De nombreuses études sur l'impact des substances actives des pesticides sur les arthropodes épigés ou hypogés ont été réalisées et montrent en très grande majorité des effets dangereux sur les espèces.

- **Impact des pesticides sur les auxiliaires de culture**

L'application de pesticides réduit considérablement le rôle écologique des auxiliaires de culture sur les ravageurs à l'échelle de la parcelle. Ainsi beaucoup d'études montrent des effets non intentionnels plus ou moins marqués sur l'arthropodofaune auxiliaire (araignées, coccinelles, chrysopes, syrphes, etc.) selon les molécules employées, mais aussi selon les phases du cycle biologique des organismes. Ces effets peuvent même être à l'origine de pullulations de ravageurs jusqu'alors peu problématiques (Gordon & McEwen, 1984).

- **Stérilisation du sol**

Par leurs conséquences mortelles sur les microorganismes du sol, les pesticides entraînent une stérilisation des sols et provoquent une chute considérable de la biodiversité des sols. Si l'effet sur les sols est moins visible que les effets sur les vertébrés et les pollinisateurs, la stérilisation des sols constitue une menace majeure pour le futur. En effet, les organismes vivant dans le sol permettent la formation et la stabilité structurale du sol. La perturbation de l'écopédologie entraine la le dysfonctionnement des écosystèmes.

- **Utilisation des produits antiparasitaires**

En élevage, des restes de produits antiparasitaires administrés aux animaux se retrouvent dans leurs fèces et sont alors susceptibles de contaminer le sol et l'environnement, avec des conséquences négatives sur l'agrosystème et les écosystèmes environnants. Ceci est à titre d'exemple le cas des traitements vermifuges et antiparasitaires, qui provoquent la destruction des insectes coprophages, empêchant la dégradation des fèces, et par conséquent réduisant les cycles biogéochimiques et empêchant la fertilité du sol.

La figure ci-dessous résume la complexité des impacts des pesticides sur la biodiversité. En effet, en plus de leur impact direct et indirect sur l'homme, les pesticides affectent la biodiversité à tous les niveaux trophiques. Les mammifères, les oiseaux, les insectes et la pédofaune sont les maillons les plus touchés par ces produits très dangereux. Leurs impacts peuvent parfois toucher une catégorie d'espèces animales de façon directe et indirecte. Il s'agit de l'un des secteurs les plus impactants de la biodiversité en particulier et de l'environnement en général. Bien que les recherches sur ces aspects d'intoxications liées aux pesticides fassent défaut, et constituent une véritable lacune, il est urgent d'engager un programme de recherche très poussé, afin de connaître l'impact réel des pesticides sur l'environnement. En outre, des mesures concrètes de destruction des pesticides périmés doivent être mises en place, afin de préserver la nature de leurs impacts.

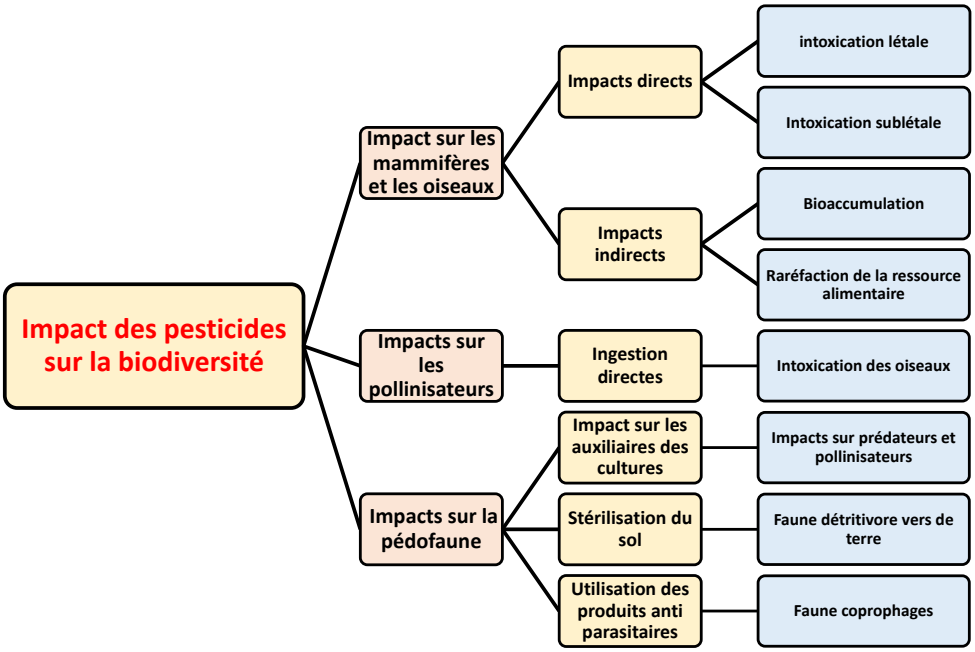


Figure 20 : Complexité de l'impact des pesticides sur la perte de la biodiversité

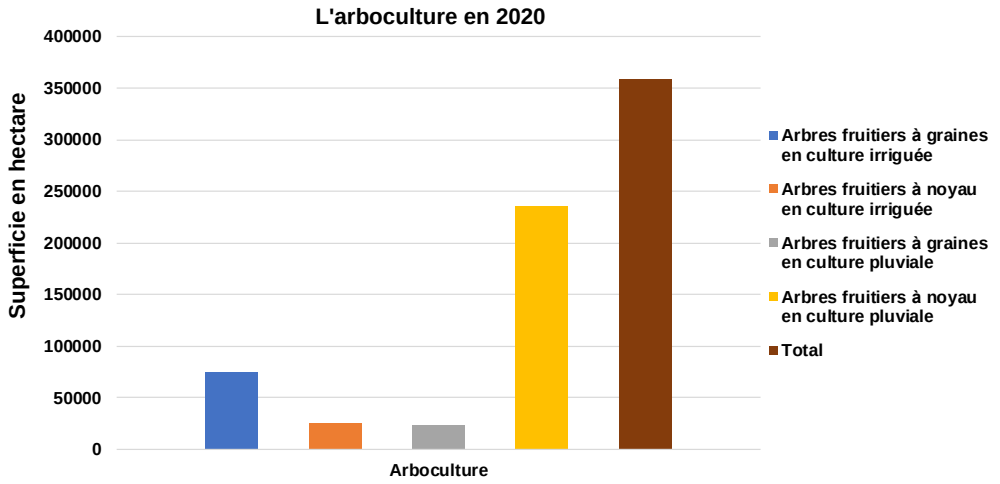
2.1.4. IMPACTS DE LA PRODUCTION ARBORICOLE SUR LA BIODIVERSITÉ

2.1.4.1. Importance du secteur arboricole en Tunisie

En Tunisie, le secteur de l'arboriculture occupe environ 49 % de la surface agricole utile (SAU), soit avant les céréales qui occupent à leur tour 36 % de la surface agricole utile. Il s'étale sur une superficie de plus 2,2 millions d'hectares dont l'essentiel (84 %) est cultivé en oliviers et amandiers dans les régions du centre et du sud du pays. L'arboriculture, strictement fruitière, occupe environ 360 000 hectares (MARH, 2020) dont près de 160 000 hectares irrigués et plantés pour plus du tiers en agrumes (20 000 hectares) et en cultures oasiennes palmiers dattiers (40 000 hectares). Le reste des cultures fruitières est constitué d'espèces à noyau et à pépins.

Connue par ses vastes vergers d'agrumes, de pommes et poires, d'amandes et ses oasis de palmiers dattiers, la Tunisie produit et exporte une large gamme de fruits. Les principaux produits arboricoles exportés (naturels ou transformés) sont l'huile d'olive, les dattes, les agrumes et dans une moindre mesure d'autres types de fruits tels les grenades, les pommes, les pêches et les poires. Le secteur arboricole contribue pour une part de 30 % à la valeur de production agricole et de 37 % à la valeur ajoutée agricole. Les investissements dans l'arboriculture ont atteint environ 11 % du total des investissements réalisés dans le secteur de l'agriculture et de la pêche.

L'arboriculture en irrigué occupe environ 80 000 ha, tandis que le reste est cultivé en sec ou pluvial (Figure 21). En mode irrigué, il y a recours aux intrants chimiques (engrais chimiques et pesticides), ce qui aura un impact sur la biodiversité. Généralement l'arboriculture en irrigué est pratiquée au centre et au nord du pays, tandis que celle cultivée en sec est pratiquée au centre et au sud du pays.



Ministère de l'agriculture, 2020

Figure 21 : Répartition des superficies actuelles de l'arboriculture fruitière (hors olivier) en Tunisie

En outre, au cours de ces dernières années, il y a eu l'introduction de plusieurs variétés étrangères d'arbres fruitiers, sous prétexte de leur performance productive. Cependant ces variétés soit sont non adaptées à l'environnement tunisien, soit ont constitué une source et un foyer pour diverses maladies jusqu'ici inconnues en Tunisie. On cite à ce propos la maladie du feu bactérien du poirier, maladie causée par *Erwinia amylovora*, particulièrement dangereuse et contagieuse. Les symptômes sont reconnaissables au noircissement des feuilles et des pousses, suivis par le dépérissement jusqu'à la mort des arbres fruitiers à pépins (pommiers, poiriers et cognassiers). Plusieurs plantations de ces espèces sont décimées par cette maladie. D'autres variétés locales d'espèces fruitières ont été successivement substituées par des variétés introduites. On cite à ce propos la variété locale de pêcher, cultivée à l'intérieur des oasis de Gabès, mais qui a disparu, laissant la place à un cortège de plusieurs variétés introduites. Ceci est d'ailleurs le cas de plusieurs autres espèces fruitières à pépins ou à noyau.

2.1.4.2. Importance du secteur oléicole en Tunisie

En ce qui concerne l'oléiculture, elle constitue l'un des piliers de l'économie tunisienne, eu égard à la place qu'elle occupe en termes d'exportations et d'entrée de devises pour le pays. En effet, les ressources d'olives en Tunisie sont estimées à plus de 65 millions de sujets, occupant plus de 1 700 000 ha, soit plus que le tiers de la surface agricole utile du pays. Parmi cette superficie, environ 75 000 ha sont consacrés à la production biologique certifiée. En outre, ce secteur constitue une importante source d'emplois directs ou indirect pour de plus de 1 million de personnes, et fournit environ 34 millions de jours de travail par année, ce qui représente plus de 20 % de l'employabilité dans le secteur agricole. Au niveau des exportations, le secteur de l'oléiculture représente environ 45 % des exportations agricoles, avec une moyenne d'exportation d'environ 120 000 t par an (MARH, 2020), et environ 5.5 % des exportations globales tunisiennes, constituant de ce fait la cinquième source de revenus en devises étrangères pour le pays.

La culture de l'olivier fut pratiquée en Tunisie en sec (régime pluvial), avec une densité moyenne de 100 individus/ha dans le nord du pays, 60 individus/ha au centre et enfin 20 individus/ha dans le sud du pays. En ce qui concerne l'olive de table, la densité de plantation en sec est plus importante que celle de l'olive à huile, atteignant de ce fait 100 individus/ha. Au niveau des ressources génétiques, les oliveraies tunisiennes furent majoritairement constituées par les deux variétés principales : le "Chemlali de Sfax" et le "Chetoui".

Globalement, le patrimoine variétal tunisien se distingue par sa richesse. Divers cultivars ont été identifiés, et classés sur la base de leurs composés et caractéristiques uniques. Parmi les variétés locales à huile connues, on pourrait citer "Chemlali", "Chetoui", "Oueslati", "Gerboua", "Zalmati", "Zarazi", "Barouni" et

"Chemlali de Gafsa". En ce qui concerne les variétés locales à olives de table, on rencontre fréquemment les variétés "Meski", "Besbesi", "Bidh el Haman", "Limli" et "Limouni".

La répartition du patrimoine oléicole national en fonction de l'âge des plantations permet de distinguer trois catégories :
- Plantations jeunes : 17 %
- Plantations en production : 58 %
- Plantations âgées : 25 %

Durant ces dernières années, on assiste à la prolifération des vergers en mode irrigué, et surtout avec l'emploi des variétés étrangères, comme les variétés Koroneiki, Arbosana et Arbequina. Ces variétés importées des pays européens tendent à conquérir l'oliveraie tunisienne. Elles sont plantées partout dans le pays, par l'usage de l'irrigation localisée. La structure variétale actuelle de l'oliveraie tunisienne est la suivante :

En ce qui concerne l'olive à huile, en mode pluvial, la variété locale Chetoui est la plus dominante, tandis qu'au centre et au sud, c'est plutôt la variété Chemlali qui domine. En mode irrigué, au nord du pays, la variété Chetoui occupe environ 40 % des vergers, la variété étrangère Koroneiki occupe environ 40 % des vergers, la variété Arbosana occupe 10 à 15 % et la variété Frangivento occupe entre 5 et 10 % des vergers. Cette dernière variété, étant aussi importée, est le plus souvent utilisée comme brise-vent, bien qu'elle soit aussi très productive. Au centre et au sud du pays, la variété Chemlali occupe 30 à 40 % des superficies, la variété Koroneiki occupe 40 à 50 % des superficies et la variété Arbosana occupe environ 10 à 20 % des superficies. Pour l'olive de table, au nord du pays, on rencontre principalement la variété Meski avec environ 50 % des superficies, la Picholine avec 25 % et la variété Manzanilla avec 25 % des superficies.

Signalons que pour ces variétés étrangères, cultivées en irrigué, la densité de plantation est très élevée. Celle-ci peut atteindre jusqu'à plus de 2 000 individus/ha (Figure 22). En comparant cette densité avec la densité, de 15 à 20 individus/ha au sud du pays, et en culture en sec, la différence est monumentale.

Figure 22 : Nouveaux procédés de culture de l'olivier en mode hyper-intensif (la densité appliquée excède 2000 individus/ha)

De ce qui précède, on remarque l'emploi avec abondance des variétés étrangères d'olivier, surtout en mode irrigué. Au centre et au sud du pays où les précipitations annuelles sont très faibles, on y pratique l'irrigation localisée, couramment désignée par l'irrigation goutte à goutte. Or comme l'eau est généralement chargée en sel, il se produit d'une part :

- La salinisation du sol, et l'accumulation de sel en surface, conduira à la stérilisation du sol, son halomorphie, et par la suite son abandon ;
- L'olivier étant physiologiquement une espèce ne tolérant pas la salinité, du sol et de l'eau d'irrigation. À moyen terme, la culture, irriguée avec de l'eau salée, ne devient plus rentable et finira par être abandonnée.

Un autre problème existe, auquel est soumise l'oliveraie traditionnelle tunisienne. Il s'agit d'un nouveau mode de culture, avec la plantation des variétés introduites sous forme de lignes intercalaires entre les anciennes plantations avec la variété locale Chemlali (Figure 23). L'irrigation localisée avec l'eau chargée en sel affectera la croissance et la production de la variété locale, ce qui risque d'entrainer sa disparition.

Figure 23 : Plantation des variétés étrangères en intercalé avec la variété locale Chemlali de Sfax, leur irrigation avec le mode goutte à goutte

Depuis longtemps, la spécificité de la culture de l'olivier en Tunisie se caractérise par un nombre de façons culturales appliquées annuellement. En effet, dans un objectif de supprimer toute autre espèce végétale compagne de l'olivier, le travail du sol est permanent, puisque réalisé plusieurs fois par année. La suppression des adventices serait bien entendu accompagnée par l'élimination de la faune associée à ces plantes adventices. Cette approche a pour but de minimiser la compétition pour l'eau entre l'olivier, dont le système racinaire est souvent superficiel, et les adventices. Ceci n'est pas juste, dans la mesure où la végétation annuelle constitue souvent un mulch contre l'évapotranspiration excessive, notamment sous bioclimat aride. De même, le maintien de la végétation annuelle, entre les lignes d'oliviers, permettra d'enrichir le sol en matière organique, et donc améliorer sa fertilité. C'est ainsi que, dans la région de Sfax par exemple, on observe à vue d'œil des lignes d'oliviers en monospécifique et totalement dépourvues de toutes espèces végétales compagnes. Il s'agit d'un autre mode de la perte de la biodiversité dans ces régions.

La culture de l'olivier par le maintien des bandes enherbées entre les lignes d'oliviers permettra de préserver la diversité spécifique végétale et animale, sans pour autant affecter la croissance et la production de l'olivier. Elle constitue aussi un nouveau concept de l'agroécologie et de l'agriculture durable, sous bioclimat aride de Tunisie.

2.1.4.3. Impact de la production arboricole et oléicole sur la biodiversité

L'arboriculture fruitière constitue un sous-secteur de grande importance en Tunisie, du point de vue de sa contribution au PIB national, ainsi qu'à sa contribution à l'effort de l'emploi. La superficie dédiée à ce secteur est très importante. Il s'agit aussi d'une activité qui concerne la majorité des cultures dont la production est exportée. On cite spécifiquement l'huile d'olive, les agrumes, les dattes, les grenades, etc. Ceci n'empêche pas aussi que l'arboriculture constitue un moteur de l'érosion génétique dans le pays. Son impact s'observe à différents niveaux, tels qu'on peut voir sur la figure ci-dessous qui résume les principaux problèmes posés par l'arboriculture à la biodiversité.

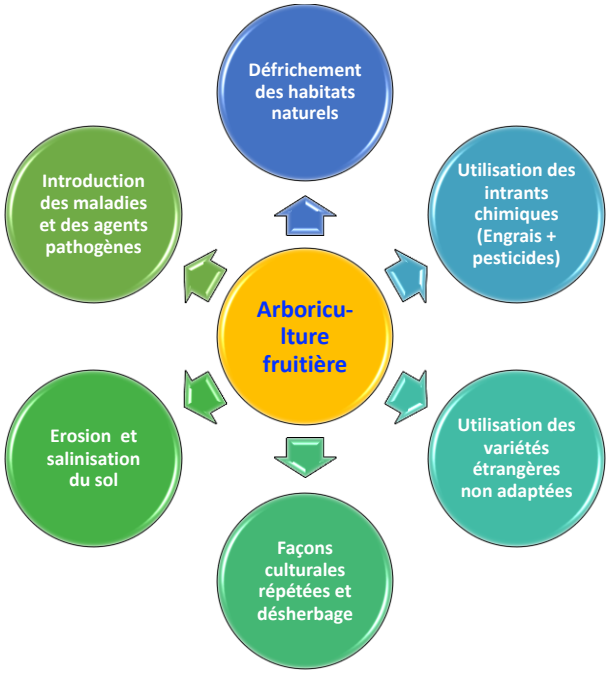


Figure 24 : Problèmes posés par l'arboriculture à la biodiversité en Tunisie

Ces problèmes sont ainsi les suivants :

- Défrichement des habitats naturels, au profit de l'arboriculture fruitière et l'oléiculture : l'installation de l'arboriculture fruitière et de l'oléiculture par défrichement des habitats naturels est une pratique courante en Tunisie. En effet, dans les différentes régions du pays, on observe les habitats naturels comme étant des zones abandonnées et n'ayant aucune valeur économique. Pourtant ces milieux constituent de véritables réservoirs de la biodiversité (faune et flore). On cite à ce propos les immenses nappes alfatières qui couvraient de vastes étendues et ont vu leurs superficies se restreindre, suite au défrichement en faveur de la culture arboricole et oléicole. La photo ci-dessous montre la culture de l'olivier sur des sols squelettiques (normalement inappropriés à cette culture), par le défrichement des steppes d'alfa, de la région des hautes steppes du centre du pays.

Figure 25 : Défrichement des nappes alfatières au profit de l'arboriculture, et plus précisément de l'oléiculture

Au nord du pays, soit en Tunisie septentrionale, on signale le même phénomène, mais avec beaucoup de gravité, puisqu'on défriche les formations forestières (Figure 26), qui sont des formations climatiques stables, au profit de la culture des oliviers. Ce phénomène constitue une grande perte de la biodiversité et de son érosion, au niveau de la faune et au niveau de la flore.

Figure 26 : Défrichement des forêts du nord du pays, au profit de l'arboriculture et plus précisément de l'oléiculture

- Utilisation des intrants chimiques (engrais et pesticides) : les cultures arboricoles, notamment celles qui sont pratiquées en irrigué, nécessitent impérativement le recours aux traitements pesticides et aux engrais chimiques. Généralement on procède à un traitement d'hiver à base d'insecticides, pour éliminer les œufs et les cocons. Plusieurs espèces, notamment d'insectes, seront éliminées par ce traitement. Durant la saison du printemps, au moment de la floraison, on procède généralement aux traitements insecticides pour lutter contre la mouche du fruit. Ce traitement serait nuisible aux pollinisateurs. Parallèlement, la culture irriguée des arbres fruitiers suppose l'emploi des engrais chimiques. Ces derniers polluent le sol, ainsi que les nappes souterraines.
- Érosion et salinisation du sol : les façons culturales répétées et le travail du sol effritent la structure de ce dernier, ce qui l'expose à l'action érosive hydrique et éolienne. Ces processus érosifs conduisent à long terme à l'abandon du sol, qui sera aussi privé de sa diversité biologique. En outre, l'irrigation avec des eaux chargées en sel (cas des eaux de la Tunisie du sud) provoque la salinisation du sol. L'accumulation du sel à la surface du sol augmente son halomorphie, qui persiste en absence de lessivage, due aux faibles précipitations, notamment sous bioclimat aride.
- Destruction de la biodiversité (faune et flore), par les façons culturales répétées : les façons culturales répétées détruisent les espèces végétales qui poussent dans les vergers. De même, les terriers des espèces animales seront également détruits. Ceci est le cas des oliveraies traditionnelles, dont les différents passages du cultivateur détruisent toute espèce végétale se développant avec les individus d'olivier.
- Utilisation des variétés étrangères plus productives, mais moins adaptées que les variétés locales : durant ces dernières années, on assiste à la reconversion des vergers arboricoles et oléicoles, et au remplacement progressif des variétés locales par des variétés étrangères, réputées plus performantes. Ceci est fait sous prétexte que les variétés et cultivars locaux, bien qu'adaptés aux conditions édaphoclimatiques de la Tunisie, sont cependant peu productifs, et moins attirants pour le consommateur. Ce procédé conduira à moyen terme

au remplacement des cultivars locaux par des cultivars étrangers. Il s'agit de l'un des moteurs les plus redoutables pour les ressources génétiques locales. Cette évolution met en péril cette ressource génétique, très adaptée à son environnement.

- Introduction des maladies et des agents pathogènes : l'introduction des variétés étrangères est souvent accompagnée par des maladies et des agents pathogènes, émanant du pays d'origine. Ces germes pathogènes gagneront par la suite, et généralement à cours terme, les variétés locales. À titre d'exemple, la maladie bactérienne *Xylella fastidiosa* se trouve aux portes de la Tunisie, et plus précisément au sud de l'Italie et en France (Corse et Côte d'Azur), en Espagne (île et continent). Cette bactérie émergente a causé des dégâts néfastes sur plusieurs espèces d'une importance économique et ornementale mais heureusement non encore présente ni détectée en Tunisie. Cette proximité géographique fait que *Xylella fastidiosa* doit être prise très au sérieux dans notre pays. Étudiée et connue, elle sera plus facilement détectable par les divers acteurs tunisiens dans le secteur agricole, notamment oléicoles et arboricoles, afin d'y faire face efficacement et empêcher ses conséquences désastreuses sur le secteur agricole et la biodiversité. De même, une maladie comme le feu bactérien du poirier, initialement absente en Tunisie, mais présente dans la vallée du Rhône en France, a fait son entrée en Tunisie via les importations des variétés étrangères.

Figure 27 : Introduction des variétés étrangères d'olivier, et leur plantation en association avec les variétés locales (Chemlali), en pur sous une grande densité, et leur irrigation avec des eaux chargées en sel

2.1.5. IMPACT DU SECTEUR DES CULTURES IRRIGUÉES SUR LA BIODIVERSITÉ

2.1.5.1. Définition et cadre des cultures intensives

L'agriculture intensive n'est bien sûr pas seulement affaire de superficie utilisée. Elle se définit comme un système de production agricole caractérisé par l'usage important d'intrants et cherchant maximiser la production par rapport aux facteurs de production, qu'il s'agisse de la main d'œuvre, du sol ou d'autres moyens de production tels que le machinisme agricole. Elle se caractérise par un ensemble de pratiques au niveau parcellaire, dont notamment l'augmentation des intrants

chimiques (engrais, pesticides), l'introduction de nouvelles cultures, et surtout de nouvelles variétés, et un recours important à la monoculture, l'évolution du travail du sol et des calendriers de travaux.

Les spécificités techniques de l'intensification des cultures sont ainsi :

- Façons culturales répétées, et mécanisation du travail du sol ;
- Diminution de la diversité des espèces cultivées (monoculture) ;
- Emploi à outrance des engrais minéraux ;
- Augmentation et diversité de l'emploi des pesticides ;
- Changement des dates de semis (cultures sous serre) ;
- Emploi et cultures OGM ;
- Usage des variétés à fort rendement ;
- Augmentation de la taille des parcelles ;
- Abaissement des nappes suite au drainage ;
- Rotations culturales raccourcies.

La Figure 28, ci-dessous, résume les principales caractéristiques techniques et agronomiques des cultures intensives. Celles-ci concernent les cultures maraichères ainsi que les cultures arboricoles. D'après cette figure, on constate que ce mode de production agricole est particulièrement basé sur les intrants chimiques et l'emploi de variétés non conventionnelles. On la caractérise comme étant de l'agrochimie, par opposition à l'agroécologie.

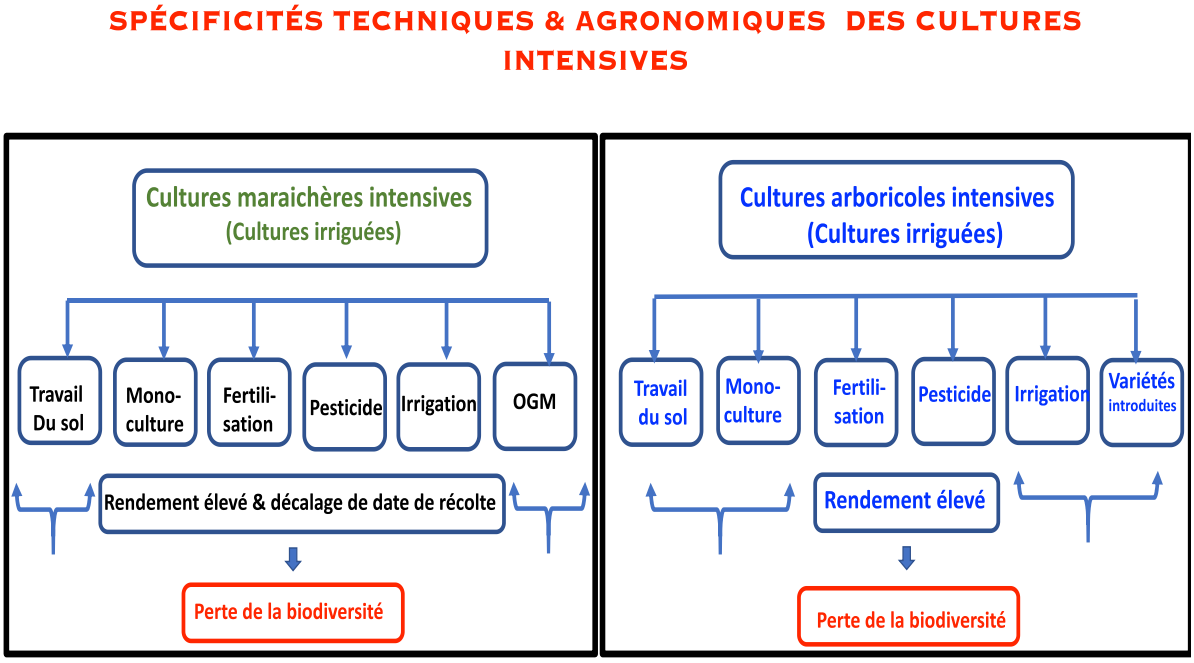


Figure 28 : Spécificités techniques et agronomiques des cultures intensives

2.1.5.2. L'agriculture intensive en Tunisie : historique et importance

La pratique des cultures irriguées en Tunisie remonte à l'époque carthaginoise (4^{e} siècle avant notre ère). Elle fut développéepar les Romains grâce aux premières infrastructures (barrages, réservoirs, citernes, captage des sources). Cet effort s'est poursuivi avec l'arrivée des Arabes (7^{e} siècle), et notamment le développement des cultures oasiennes. Sous l'occupation française, c'est seulement après la 2de guerre mondiale que l'irrigation moderne et la grande hydraulique se sont développées. À l'indépendance du pays, on estimait que la superficie irriguée était d'environ 65 000 ha, irrigués à partir de sources et puits artésiens dans la région littorale de Bizerte, au Cap-Bon, dans le Sahel côtier et surtout dans les oasis (Hassainya, 1991).

Par ailleurs, l'effort de construction des barrages et des lacs collinaires ont largement contribué à la création de davantage des périmètres irrigués. Ceci a d'ailleurs été à l'origine de la création, durant les années 70-80, de plusieurs offices de périmètres irrigués, comme l'office des périmètres irrigués de la Medjerda (OMVVM), l'office des périmètres irrigués de Nebhana (OMIVAN), l'office des périmètres irrigués de Kairouan (OMIVAK), l'office des périmètres irrigués de Gasfa-Djerid (OMIVAD) et l'office des périmètres irrigués de Gabès-Médenine (OMVPI GABES-MEDENINE).
Ces offices avaient pour rôle majeur le développement des cultures irriguées et intensives, notamment la serriculture, qui couvert tous les Gouvernorats du pays, tel qu'on peut le voir sur la Figure 29. Ces périmètres s'observent depuis l'extrême nord (région de Bizerte), jusqu'à l'extrême sud, au sud de Tataouine.

Figure 29 : Importance des périmètres irrigués en Tunisie (FAO, 2015)

Plus tard, jusqu'en 1976, lorsque les superficies atteignaient environ 143 000 ha (Laajimi, 2007), la capacité de mobilisation des eaux restait faible. En 1991, les superficies équipées pour l'irrigation en Tunisie étaient de 385 000 ha (FAO, 2015). L'étude sur l'irrigation en Tunisie de 2002 (IME, 2002) estime le potentiel d'irrigation à 560 000 ha, compte tenu des ressources en eau affectées au secteur de l'agriculture. De 2001 à 2011, la superficie équipée pour l'irrigation est passée de 394 000 ha à 459 570 ha (ONAGRI, 2011), soit une augmentation moyenne annuelle de 1,4 %. Ces équipements sont constitués de :

- 243 170 ha de périmètres publics (ONAGRI, 2011) :
    - 140 000 ha sont alimentés à partir d'eau prélevée dans les barrages (grands barrages et barrages collinaires) ;
    - 77 000 ha par des forages (FAO et BPEH, 2014) ;
    - 9 500 ha par des eaux usées traitées (GWP, 2009) ;
    - 16 670 ha non connu (figure 5).
- 216 400 ha de périmètres privés réalisés par les agriculteurs eux-mêmes dont (ONAGRI, 2011) :

- 150 000 ha sont alimentés à partir d'eau souterraine peu profonde ;
- 30 000 ha de forages profonds privés (FAO et BPEH, 2014) ;
- 36 400 ha non connu mais incluant certainement du pompage dans les oueds entre autres.

En ce qui concerne les spéculations pratiquées en irrigué, et ayant fait l'objet de cette superficie estimé à 459 570 ha, elles sont illustrées par la figure ci-dessous.

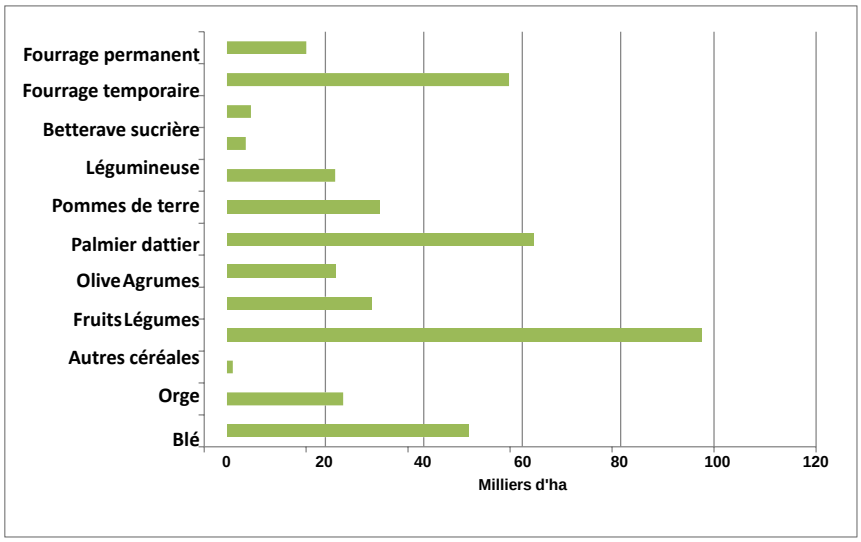


Figure 30 : Superficies des différentes cultures intensives en Tunisie, durant l'année 2011 (FAO, 2015)

Bien que limité à 9 % des superficies cultivées, le secteur irrigué participe à hauteur de 35 % de la valeur totale de la production agricole. Il contribue à 25 % de la valeur des exportations agricoles et à 20 % des emplois agricoles (INAT, 2013).
En ce qui concerne l'utilisation des pesticides pour les cultures intensives, selon l'ANGED (2013), ces cultures consomment la moitié des pesticides utilisés en agriculture (49 %), avec 25 % pour les cultures maraichères et 24 % pour l'arboriculture fruitière.

La consommation des engrais pour les cultures intensives et la céréaliculture est importante bien que leur utilisation est nettement plus faible que la moyenne mondiale (Banque mondiale, 2016) et que celle des pays comparables (région MENA).

Source : Banque mondiale

Figure : Consommation d'engrais (kilogrammes par hectare de terres arables)

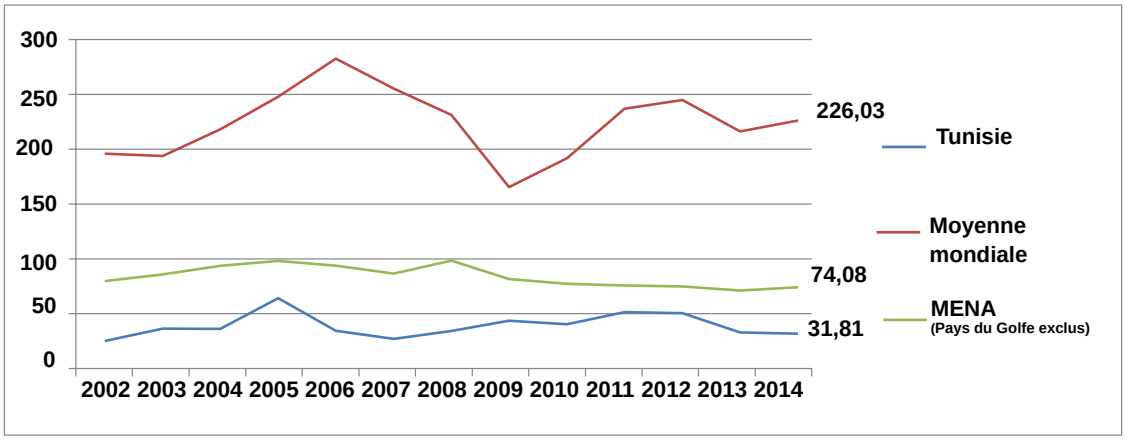


Figure 31 : Consommation d'engrais par ha de SAU, comparaison avec la moyenne mondiale et à celle du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (Banque mondiale, 2016)

En effet, même en faible quantité, les engrais chimiques constituent de véritables polluants de l'environnement, notamment des aquifères, où la pollution est généralement diffuse à partir des horizons profonds du sol. À ce propos, dans une étude relative à la dépollution du fleuve de la Medjerda réalisée par la DGEQV du ministère de l'Environnement, la teneur en nitrates et en phosphore se révèle élevée, dans la mesure où ce fleuve traverse les plaines fertiles et cultivées en cultures intensives et en céréales de la Tunisie septentrionale. Les teneurs élevées en nitrates et en phosphore provoquent le plus souvent le phénomène d'eutrophisation des aquifères, polluent le sol, et favorisent la prolifération des espèces végétales nitrophiles.

Au niveau du sol, les polluants chimiques issus des engrais affectent la pédofaune du sol, qui est très vulnérable à ces polluants, empêchant par conséquent la dégradation de la matière organique, et par voie de conséquence la fertilité du milieu.

2.1.5.3. Impacts des cultures intensives sur la perte de la biodiversité

Généralement, les produits phytosanitaires de synthèse employés sur les cultures intensives sont considérés, avec la disparition ou l'altération des habitats semi-naturels (Benton et al., 2003), le raccourcissement des rotations et les apports de fertilisants, comme étant responsables du sévère déclin de la biodiversité dans les agroécosystèmes à cultures intensives (Ewald & Aebischer, 2000). Parmi les espèces les plus touchées par les cultures intensives, on cite :

- **Les insectes arthropodes** qui subissent le plus directement l'effet des pesticides et en particulier des insecticides. Les effets des produits phytosanitaires sur les arthropodes dépendent essentiellement de la catégorie de ces produits, qui peuvent être : insecticides, acaricides, fongicides, herbicides, nématicides, molluscicides, rodonticides, taupicides. Les études relatives aux effets négatifs des diverses catégories de pesticides sur les organismes présents dans les agroécosystèmes sont innombrables (e.g. Brandenburg, 1985 ; Chambon et al., 1987 ; Burn, 1988 ; Powell, 1988 ; Zoebelein, 1988 ; Cocquempot et al., 1991 ; Unal & Jepson, 1991 ; Purvis & Bannon, 1992 ; Monetti & Fernandez, 1995 ; Niehoff & Poehling, 1995 ; Berrada et al., 1996 ; Erkilic & Uygun, 1997 ; Cross et al., 1999 ; Fauvel, 1999 ; Rehman et al., 2000 ; Schuld & Schmuck, 2000 ; Alix et al., 2001 ; Kishimoto, 2002 ; Chen et al., 2003 ; Delpuech & Meyet, 2003 ; Hyvönen et al., 2003 ; Langhof et al., 2003 ; Chabert & Gandrey, 2005 ; Koss et al., 2005 ; Tietjen & Cady, 2007).
- **Impacts de l'utilisation de plantes génétiquement modifiées (OGM)** : l'introduction des cultures génétiquement modifiées constitue l'une des innovations majeures de ces dernières années dans le domaine de l'agriculture intensive. La transgénèse est considérée comme une étape supplémentaire dans l'amélioration des variétés cultivées en facilitant l'utilisation de pesticides ou en permettant d'obtenir des résistances à des pressions de sélections biologiques (virus, insectes, etc.) qui n'ont pas encore été sélectionnées par des voies classiques.
- **Impacts sur les plantes spontanées** : les variétés transgéniques les plus importantes actuellement sont des variétés avec un gène de résistance à un herbicide non sélectif, qui permet par différence de sélectivité de désherber de façon plus aisée la flore adventice en place. Ces OGM, bien que peu ou pas encore utilisés en Tunisie selon la Banque de Gènes, sont en cas d'utilisation très dangereux pour la flore spontanée. Les herbicides comme les triazines (atrazine, simazine et terbuthylazine) est très utilisés dans les cultures de céréales (Monocotylédones). Sa solubilité est relativement importante et sa dégradation est plus lente que celle des autres pesticides, ce qui soulève divers problèmes de toxicité de l'environnement.
- **Impacts des cultures intensives sur les plantes invasives** : l'importation des semences pour les cultures intensives (notamment les cultures maraichères et florales) est souvent accompagnée par l'introduction d'espèces envahissantes. Des semences de ces dernières sont

parfois mélangées avec les semences de l'espèce importée, et pulluleront dans l'environnement. L'exemple le plus spectaculaire en Tunisie aujourd'hui est l'invasion par *Solanum elaeagnifolium*, espèce vivace, appartenant à la famille des *Solanaceae*, et dénommée *la morelle à feuilles de chalef* en français. Cette espèce végétale, n'ayant pas auparavant existé en Tunisie, fut introduite durant les années 80 avec les semences importées d'autres espèces de *Solanaceae*, notamment les semences de tomate importées, et cultivée sous serre dans la région du Sahel (Sousse, Monastir & Mahdia). Considérant son important pouvoir invasif et sa multiplication sexuée (par graines) et asexuée (par voie végétative), cette espèce s'est graduellement propagée de région en région, notamment avec le fumier transporté et distribué entre les exploitations agricoles. À l'heure actuelle, *Solanum elaeagnifolium* a contaminé toutes les régions du pays, et devient même une espèce très nuisible.

La figure ci-dessous montre un champ de culture intensive (tomate) dans le Gouvernorat de Sfax, entièrement envahi par *S. elaeagnifolium*. Face à cette invasion, l'agriculteur (sur la photo) a fini par réaffecter cette parcelle envahie à d'autres activités non agricoles.

Figure 32 : Champs de culture de tomate, entièrement envahis par *Solanum elaeagnifoluim* (Photo. M. Chaieb)

- **Impacts sur les agents pathogènes et les maladies** : les germes pathogènes, comme les maladies cryptogamiques, les maladies bactériennes et les maladies virales, ainsi que les maladies des espèces animales, sont souvent introduites dans les pays, avec l'introduction de leurs espèces hôtes. Diverses variétés de cultures intensives, introduites en Tunisie, ont contribué à l'introduction des maladies, autrefois non existantes. On cite, à ce propos, les maladies fongiques comme *Botrytis cinerea*, agent de la pourriture des fruits et légumes. Cet agent responsable de la pourriture noire n'a pas existé auparavant en Tunisie. L'importation des variétés étrangères est associée à l'introduction du champignon responsable de cette pourriture. D'autres maladies virales et bactériennes furent introduites dans les variétés importées et destinées aux cultures intensives. Rappelons à ce propos la maladie du feu bactérien du poirier, introduite avec les variétés étrangères importées des pays foyers de cette maladie.

En guise de conclusion à ce qui vient d'être évoqué au niveau de l'impact des cultures intensives, ces dernières, bien que très rentables en agriculture et utiles à l'alimentation humaine, en la ravitaillant en fruits et légumes ont un large impact sur la biodiversité et son habitat en Tunisie. L'utilisation des intrants chimiques (engrais et pesticides) et biologiques (semences et variétés introduites), ainsi que le travail fréquent du sol et l'irrigation, affectent les diverses composantes de l'environnement (faune, flore, sol, eau, atmosphère). L'agriculture intensive, en utilisant les désherbants et les pesticides, cherche à éliminer ce qu'elle considère comme inutile, voire néfaste : "mauvaises herbes", nuisibles, parasites. En éliminant ces espèces pour favoriser celles qu'elle cherche à faire pousser, elle a un impact, direct ou indirect, sur la biodiversité.
La figure ci-dessous résume l'ensemble des impacts résultant de la pratique des cultures intensives en Tunisie.

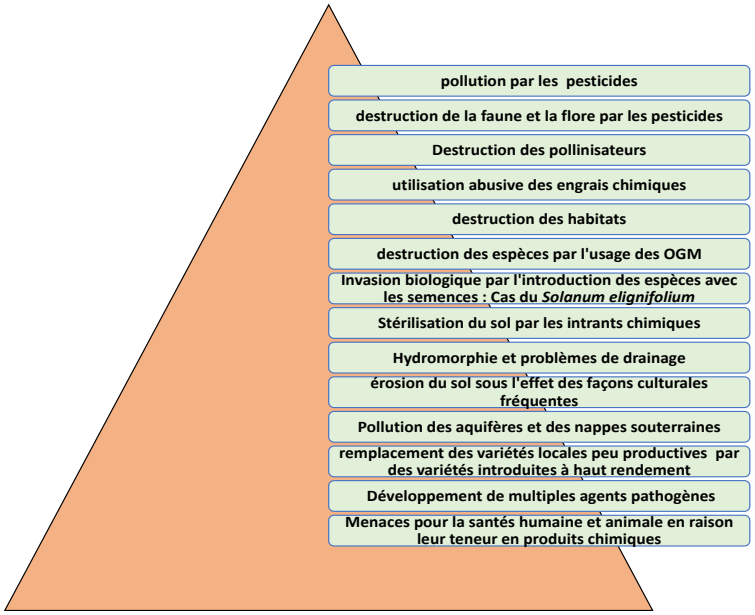


Figure 33 : Différents impacts des cultures intensives sur la perte de la biodiversité

2.1.6. IMPACT DU SECTEUR FORESTIER SUR LA BIODIVERSITÉ

2.1.6.1. Importance du secteur forestier et pastoral en Tunisie

Actuellement, la couverture végétale naturelle est estimée en Tunisie à 5,2 millions d'hectares, dont 679 099 ha de forêt proprement dite (DGF in ONAGRI, 2016), tandis que les terrains de parcours atteignent, en 2012, environ 4,5 millions d'hectares (DGF & Banque mondiale, 2015). L'ensemble de cet espace végétal représente environ 30 % de la superficie totale du pays, dont environ la moitié appartient au domaine subsaharien.

Globalement, les écosystèmes forestiers regroupent tous les terrains du domaine forestier, exception faite pour les steppes de *Stipa tenacissima* (Alfa). On y classe ainsi les formations végétales suivantes :

- Les forêts proprement dites naturelles ou artificielles ;
- Les maquis et garrigues ;
- Des terrains dégradés, comportant ou non une végétation arbustive, mais qui sont maintenus dans le domaine forestier par vocation.

En effet, en Tunisie, les trois-quarts des écosystèmes forestiers sont situés en Tunisie septentrionale. La zone ouest du pays (nord-ouest et centre-ouest) renferme environ 70 % des forêts, dont les 2/3 sont des forêts de feuillus. Cette partie englobe aussi environ 80 % de la forêt des résineux. Le centre-est et le sud sont presque totalement dépourvus de forêts, avec moins de 2 % des superficies, à l'exception de la forêt naturelle d'*Acacia tortilis* située dans la région de Bled Talah, structurant le parc national du Bou Hedma et occupant des vastes espaces en dehors de ce parc. Cette forêt occupait, selon le Lefebvre (1889), une superficie de 35 000 ha. Aujourd'hui, sa superficie s'est restreinte à uniquement environ 20 000 ha, dont 16 500 ha sont situés à l'intérieur du parc national du Bou Hedma, et le reste (environ 3 500 ha) en dehors du parc. La régression de sa superficie est majoritairement due au défrichement et au pâturage.

Les écosystèmes forestiers sont donc classés en :

- Forêts naturelles, localisées sur la Dorsale, et plus particulièrement au nord et à l'ouest de celle-ci. Parmi ces forêts naturelles, on distingue les forêts dites productives localisées dans les régions naturelles des Mogods et de la Kroumirie.
- Forêts artificielles, ou forêts de reboisements, également localisées pour l'essentiel dans le nord du pays, mais aussi dans d'autres régions. Ce reboisement a concerné des terrains de différents statuts juridiques. Il s'agit dans la majorité des cas de terrains relevant du domaine forestier, des dunes littorales et continentales. On y distingue deux types de reboisements : les reboisements de protection et les reboisements de production. Dans les reboisements de production, on a surtout utilisé les essences suivantes : l'*Eucalyptus camaldulensis*, l'*Eucalyptus astringens, Pinus pinea* (pin Pignon), *Pinus pinaster* (pin maritime).

Dans les reboisements de protection, on a surtout utilisé : *Pinus halepensis* (pin d'Alep), *Cupressus simpervirens* (cyprès).

La Figure 34 montre, selon la DGF, l'importance des différents secteurs forestiers en Tunisie.

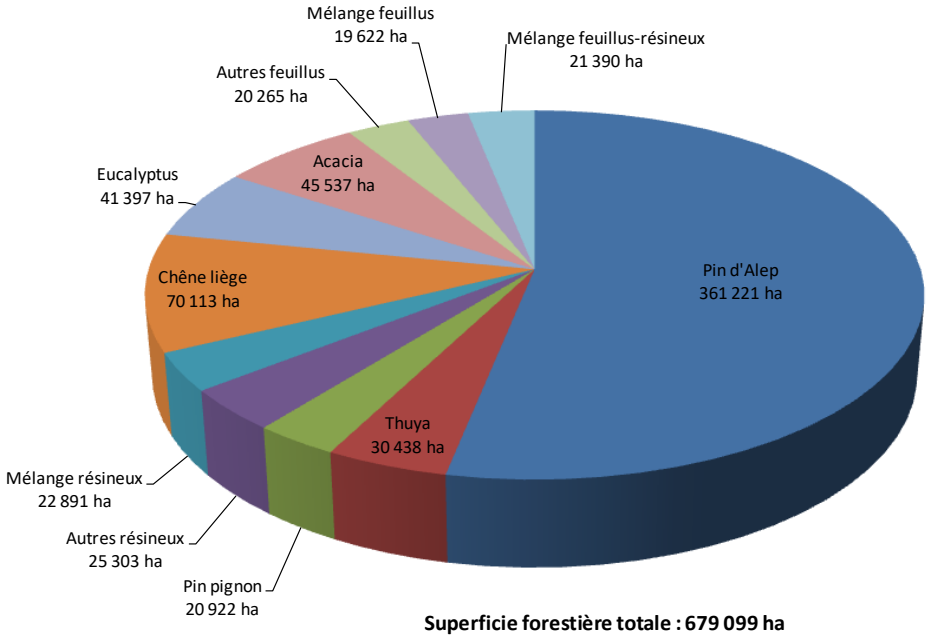


Figure 34 : Répartition des différentes formations forestières en fonction de leur superficie (DGF, 2010)

Au niveau pastoral, le dernier inventaire pastoral (IFPN) distingue diverses catégories de parcours parmi lesquels on trouve : les parcours sur maquis ; les parcours sur garrigue ; les parcours d'altitude (dorsale et hautes steppes), les prairies et pelouses, et les parcours des milieux steppiques.

Le tableau ci-dessous présente la structure et la superficie des groupements sylvopastoraux en Tunisie. Ces groupements s'étalent depuis le nord du pays jusqu'à l'extrême sud, et plus précisément dans la région naturelle des Dahars méridionaux. Dans le tableau ci-dessous, nous récapitulons l'ensemble des écosystèmes forestiers et pastoraux, inspirés de l'inventaire forestier et pastoral national, effectué par la DGF.

Tableau 10 : Principaux groupements et secteurs sylvopastoraux de Tunisie (IFPN, DGF)

Écosystème forestier	Superficie (ha)	État général
Série de *Pinus halepensis*	361 221	50 % de forêt et 50 % de garrigues
Série de *Quecus suber*	70 113	60 379 ha de forêt et 30 000 ha de maquis
Série de *Tetraclinis articulata*	30 348	Forêts moyennes et garrigues
Série de *Quecus coccifera*	10 000	Souvent mélangés avec espèces introduites
Série de *Quecus faginea*	6 414	En altitude dans la Kroumirie
Série de *Quercus ilex*	5 000	Sommets de la Dorsale et du Haut Tell
Série de *Pinus pinaster*	3 930	Très localisées (ouest de Tabarka)
Formation *d'Acacia tortilis*	20 000	Localisée au P. N. du Bou Hedma, et ses alentours
Parcours à *Hamada scoparia*	869 100	Steppe en mauvais état, de faible richesse spécifique
Steppes à *Stipa tenacissima*	743 300	Très dégradés <250 000 ha de nappes exploitables
Steppes à *Artemisia herba alba*	446 000	Très dégradées, il y reste 300 000 ha résiduels
Steppe à *Anthyllis henoniana*	417 200	Steppe sur reg caillouteux, en mauvais état

D'après ce tableau, on constate que les forêts naturelles sont majoritairement composées des espèces suivantes : *Pinus halepensis, Quercus suber, Quercus faginea, Juniperus phoenicea, Cupressus, Tetraclinis articulata, Qercus coccifera, Pinus pinaster, Quercus ilex* et *Acacia tortilis* (au sud du pays). Ces espèces se trouvent à l'état pur ou en mélange avec d'autres espèces forestières.

Les forêts résineuses couvrent 437 000 ha (soit plus que 50 % de la superficie forestière). Les feuillus

occupent plus que 150 000 ha (correspondant à plus de 20 % de la superficie forestière totale). Les maquis-garrigues couvrent 194 000 ha (23 % de la surface forestière totale).

En ce qui concerne la répartition géographique de ces écosystèmes sylvopastoraux, les forêts de Chêne liège, de Chêne zen et de Pin maritime sont situées dans le nord de la Tunisie (Kroumirie-Mogods). En revanche, les forêts de résineux, et plus précisément de Pin d'Alep et Thuya de Berberie, se trouvent dans le centre et le sud, essentiellement au niveau de la Dorsale et des Hautes Steppes (Figure 35), ainsi que les milieux montagneux du centre et du sud du pays. Les parcours et les nappes alfatières sont situés au sud de la Dorsale, et plus précisément dans les régions naturelles des hautes et basses steppes, ainsi que dans les basses plaines méridionales, la Jeffara et les régions sahariennes du pays.

En outre, d'après la carte d'occupation du sol, les zones cultivées sont localisées dans les milieux à relief plat du pays. Ce qu'il faut signaler, c'est l'interférence entre les formations forestières et les zones de cultures. Cette interférence justifie amplement l'invasion des formations forestières par les zones cultivées, ou plus précisément le défrichement des écosystèmes sylvopastoraux au profit des cultures, et les conséquences de ce phénomène pour la perte de la biodiversité.

Dans les paragraphes qui suivent, on présentera l'impact de la dégradation des forêts sur la perte de la biodiversité.

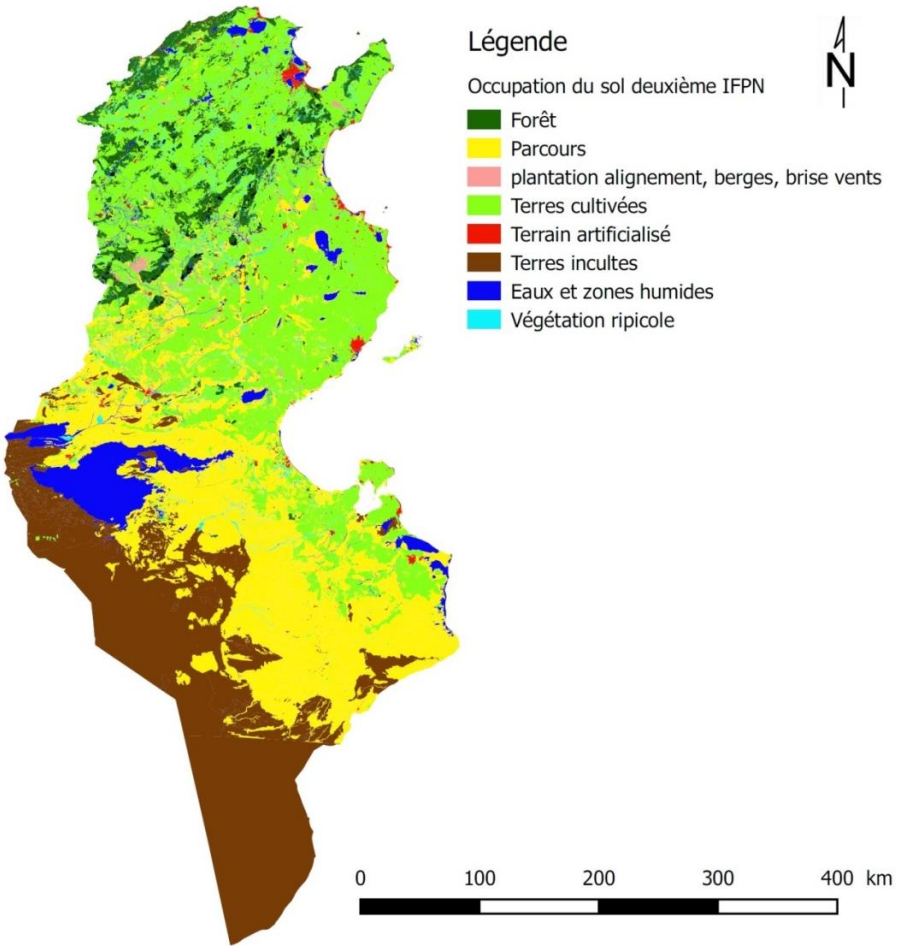


Figure 35 : Carte d'occupation du sol d'après le dernier IFPN (DGF)

En plus des formations forestières ci-dessus décrites, la Tunisie a depuis longtemps mis en place un important programme de conservation de la biodiversité. Ce programme concerne un réseau d'aires protégées relativement important. On y compte en effet 17 parcs nationaux (couvrant plus de 530 000 ha terrestres) et 27 réserves naturelles (couvrant 44 475 ha). La superficie totale des aires protégées est ainsi de près de 585 000 ha, soit 3,6 % de la superficie totale de la Tunisie. Les aires

protégées tunisiennes sont réparties dans les cinq étages bioclimatiques et dans les différentes régions écologiques de Tunisie. Leur représentativité des différentes régions naturelles est néanmoins jugée encore insuffisante (DGEQV, 2012). Les écosystèmes forestiers sont caractéristiques de 27 aires protégées, tandis que les nappes alfatières sont concernées par trois aires protégées.

D'une manière générale, l'intégrité des aires protégées tunisiennes n'est pas fortement menacée. Cependant, celles-ci font face à des difficultés de gestion similaires à celles de l'ensemble du secteur forestier et pastoral tunisien. L'efficacité de la gestion des aires protégées est en effet globalement insuffisante, en raison de l'inadaptation des modes de gestion au contexte socio-économique, du manque de gouvernance, de l'insuffisance des moyens humains, financiers et matériels mobilisés, et de la faiblesse du cadre juridique, du contexte institutionnel et des dispositifs de planification et de suivi. Si la protection des aires protégées demeure relativement efficace, ces contraintes se traduisent par une approche verticale de la gestion des aires protégées, une faible implication des populations locales, une application insuffisante de la règlementation et une faible valorisation économique des aires protégées, ne permettant pas d'optimiser leur contribution au développement du secteur forestier et pastoral.

2.1.6.2. Atteintes diverses aux écosystèmes forestiers

La fragilité des écosystèmes sylvopastoraux, la variabilité interannuelle des précipitations et la présence d'une population rurale importante en milieu forestier constituent des facteurs essentiels dans le façonnement des paysages. La végétation naturelle est liée au zonage édaphoclimatique. Elle varie en composition, structure, densité et hauteur selon l'ampleur de la dégradation. Les forêts denses et marquées par une importante richesse spécifique se trouvent au nord du pays. En Tunisie centrale, ces forêts sont plutôt ouvertes, plus basses, avec une richesse spécifique moyenne, et celles de la Tunisie méridionale, étant réellement rares et très vulnérables, sont plutôt très ouvertes. Par ailleurs, la pression humaine sur les régions forestières, depuis plusieurs décennies, est déterminante puisque l'action de l'homme a largement contribué à transformer la physionomie de la végétation, la répartition de la faune et aussi de la flore. De nouvelles formations végétales en Kroumirie-Mogods se sont substituées aux forêts détruites par action anthropique, qui prennent la forme de maquis dans le nord, de garrigues dans le centre et de steppes dans le centre et le sud du pays.

En effet, près d'un million d'habitants sur un total de 11 millions vivent directement ou indirectement des forêts, dont ils tirent une part non négligeable de leurs revenus, en l'absence quasi-totale d'une politique de développement dans les régions concernées, notamment celles du nord-ouest du pays. Pour la population locale, la forêt est un moyen de subsistance. De multiples activités quotidiennes vitales sont organisées autour d'elle : pâturage, ramassage du bois de feu, récolte de semences et fruits (comme le Pin d'Alep et le Pin pignons), production de charbon de bois, collecte de miel et d'escargots, artisanat du bois et du liège. Les forêts denses du nord-ouest du pays s'étendent sur 440 000 ha et fournissent en moyenne 100 000 m^3 de bois par an, auxquels s'ajoutent 19 millions de plants, 32 tonnes d'huile de romarin et 121 tonnes de pignons.

Ainsi, les délits au niveau des écosystèmes forestiers touchent la biodiversité entière, et plus précisément la faune et la flore. Toutefois, selon l'ampleur du délit, la biodiversité serait touchée à des degrés divers.

Les différents types de délits forestiers peuvent être :

2.1.6.2.1. Le défrichement et l'artificialisation du milieu

Ce défrichement, couramment appelé fragmentation et destruction des habitats, peut être réalisé au profit de :

- La mise en valeur agricole (arboriculture, céréaliculture, cultures irriguées, etc.) ;
- L'urbanisation ;
- L'infrastructure et l'équipement (voies d'accès, pistes, etc.).

En effet, tout au long de leur histoire, les écosystèmes forestiers et pastoraux tunisiens ont été le théâtre de vastes et multiples opérations de défrichements et de déboisements. Les parcours ont de leur côté subi un rétrécissement continuel suite à l'extension de la céréaliculture et des plantations arboricoles, l'olivier en particulier. Ce dernier temps, on assiste à un ample phénomène de destruction (défrichement et incendies) des forêts pour l'urbanisation et la construction. Ceci est considéré par le Code forestier comme étant un crime dangereux. Ces opérations de défrichement et de destruction mettent en péril les espèces de faune et de flore. Le défrichement est encore une destruction plus irréversible que les incendies, dont les zones brûlées peuvent se résilier. Le phénomène de défrichement touche vraisemblablement les écosystèmes forestiers et pastoraux du nord, du centre et du sud du pays. Au niveau pastoral, les nappes alfatières des hautes steppes subissent en ce moment des actions de défrichement de grande envergure. À ce rythme de défrichement, d'ici quelques décennies, les nappes alfatières seront éteintes de la Tunisie, d'autant plus qu'elles sont hautement menacées par les futurs changements climatiques (Ben Mariem & Chaieb, 2018). Le défrichement des écosystèmes forestiers et pastoraux constitue une véritable ''hémorragie '' de la perte de la biodiversité en Tunisie. Des mesures urgentes doivent être prises afin d'arrêter cette perte, qui est le plus souvent irréversible pour les formations végétales. Un autre phénomène de défrichement est aussi observé au niveau de la forêt de Gommier de la région de Bled Talah, qui fut protégée durant 3 ou 4 décennies. À l'avènement de la révolution de 2011, plusieurs opérations de défrichement dans la forêt de Gommier de Bled Talah ont entrainé l'abattage de centaines d'individus de cette espèce protégée, notamment dans les propriétés privées.

2.1.6.2.2. Les incendies

Les incendies demeurent de loin la première menace du fait de leur capacité à ravager rapidement de grandes superficies forestières. À ce propos, les forêts tunisiennes enregistrent des incendies à un rythme comparable aux autres pays méditerranéens. Ainsi, durant la période 1985-2000, plus d'une centaine d'incendies se sont déclarés chaque année, ravageant en moyenne 1 500 hectares de forêts (Frigui, 2010). Les années 1987-1988 et 1993-1994, caractérisées par des étés longs et une sécheresse accentuée, ont été exceptionnelles et se sont traduites par une fragilisation remarquable du couvert forestier (Frigui, 2010). Si l'on en croit la Presse tunisienne du 21 juillet 2009, la cigarette serait classiquement à l'origine de la moitié des incendies enregistrés. L'impact des incendies de forêts en Tunisie est immense, à commencer par l'atteinte à la diversité biologique (arbres et arbustes, avec toute la faune et la flore qui leur sont associées).

D'après la DGF, le nombre total d'incendies déclenchés ces dernières années est le suivant :

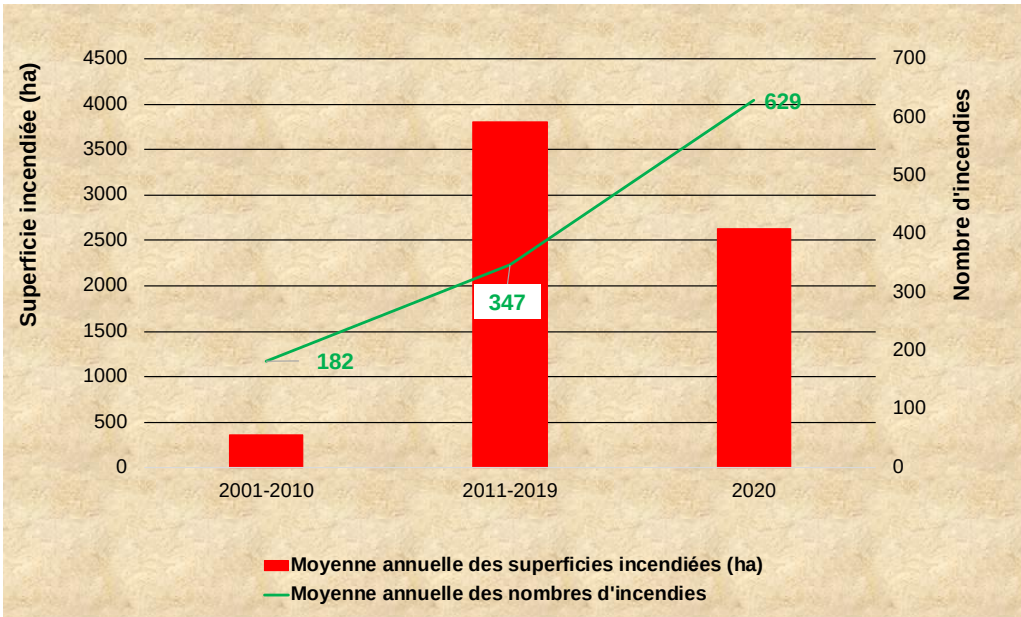


Tableau 11 : Superficie et nombre d'incendies déclenchés durant les dernières années (DGF, 2021)

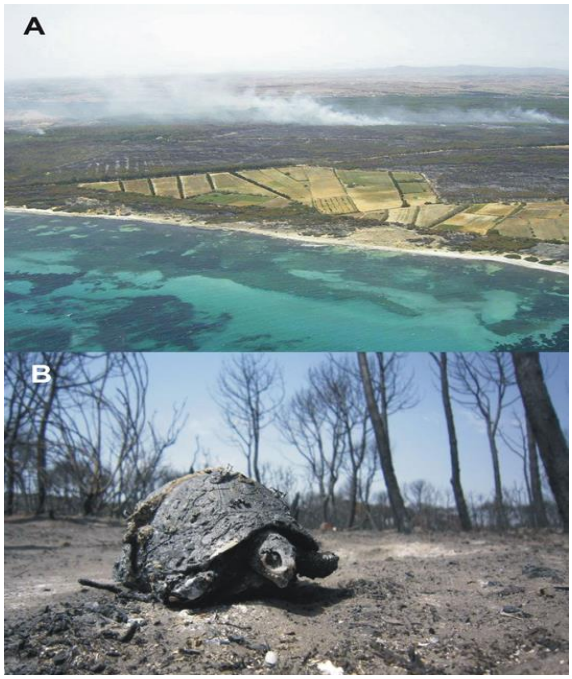
D'après ce tableau, on remarque que le nombre d'incendies de forêts constatés durant les dernières années est de 629 foyers d'incendies pour une superficie moyenne annuelle variable. Ce nombre est considérable, eu égard à l'impact de ces incendies sur la perte de la biodiversité. Plusieurs espèces végétales et animales seront détruites par ces incendies. La dynamique des populations (et en particulier la reproduction) est perturbée durant au moins 3 ou 4 ans.

Au niveau végétal, les espèces de résineux sont très inflammables (en raison de leur teneur en acide résinique). La vitesse de propagation des incendies dans les forêts résineuses est très rapide, et leur maitrise difficile, notamment en présence du sirocco. Les espèces animales et végétales sont fortement impactés, ce qui participe à l'érosion de la biodiversité.

Citons à ce propos les incendies les plus spectaculaires comme :

- Les multiples incendies qui se sont déclenchés au sein du massif de Chaambi, dont les conséquences sur la faune ont été désastreuses. Plusieurs espèces rares et menacées comme l'hyène rayée, ont été fortement impactées.
- L'incendie du Jebel Boukornine, situé à 18 km au sud de Tunis, qui a eu lieu en juin 1998. Sur ce massif se trouve un parc national, qui couvre une superficie de près de 2 000 ha, protégeant de nombreuses espèces végétales et animales sensibles. Les versants des montagnes sont couverts de Pins d'Alep et de thuyas. Plus bas s'étend la garrigue. L'incendie de juin 1998 a ravagé la quasi-totalité du parc malgré l'intervention de l'armée qui a combattu les flammes durant plusieurs jours, causant la carbonisation de plusieurs espèces de faune et de flore.
- L'incendie de Dar Chichou qui a touché en juillet 2011 un massif forestier s'étendant sur 12 000 ha, situé entre la localité de Dar Chichou et le site archéologique punique de Kerkouane, dans la presqu'île du Cap Bon, au nord-est de la Tunisie. Bien que la superficie ravagée soit inférieure à celle observée à Boukornine, l'impact de l'événement est indubitable, car ce territoire forestier s'insère dans une région beaucoup plus peuplée aux forts enjeux économiques, en particulier touristiques. Cette forêt était par ailleurs située à la croisée des routes entre deux pôles économiques majeurs : le Cap Bon-Hammamet et le Grand Tunis. La région concentre environ le quart de la capacité totale d'hébergement touristique de la Tunisie, rassemble 152 établissements hôteliers disposant de plus de 52 000 lits, assurant plus de 6 millions de nuitées (18 % du total des nuitées à l'échelle nationale en 2010 selon l'Office National du Tourisme tunisien). Ce site est situé à proximité de sites de grande valeur paysagère abrités par le Jebel Abderrahman. La forêt de Dar Chichou est issue d'un reboisement (Pin d'Alep, Eucalyptus, Acacia) décidé par décret en 1929 pour faire obstacle à l'ensablement qui prenait à cette époque une dimension considérable. Le premier objectif des plantations était de fixer les dunes mobiles et d'empêcher l'ensevelissement des terres agricoles et des cultures irriguées. À ce rôle environnemental initial s'est ajoutée par la suite une fonction de ressource économique pour les populations locales. Dar Chichou abrite de plus un centre d'élevage de la faune sauvages rares et une pépinière régionale de plants forestiers.

  La figure ci-dessous illustre le désastre causé par cet incendie sur les diverses composantes de l'environnement.



Incendie déclenché au sein de la forêt de Dar chichou, où plusieurs centaines d'ha ont été ravagés par le feu. Le milieu marin était aussi touché par la pollution par les cendres. La photo d'en bas, montre une tortue terrestre, carbonisée par le fau.

Figure 36 : Dégâts divers causés par l'incendie de Dar Chichou en 2011 (Photo Chriha & Sghari 2011)

2.1.6.2.3. Le surpâturage

Les forêts et les parcours tunisiens sont, comme toujours, exposés aux dégradations causées par l'élevage extensif d'ovins et caprins, auxquelles s'ajoutent toutes les autres actions de dégradation exercées par les populations riveraines, en particulier au cours des années de sécheresse ou lorsque les hivers sont très rigoureux.

Face à l'accroissement permanent des effectifs des troupeaux, les espaces pastoraux se trouvent rétrécis, ce qui engendre un déséquilibre entre besoins du cheptel et disponibilités fourragères. En effet, les parcours, qui jadis contribuaient pour 65-80 % aux besoins du cheptel jusqu'aux années 60, ne contribuent actuellement plus que pour 15-25 % selon que la pluviosité annuelle est faible ou normale. Ceci atteste de la détérioration de leur qualité alimentaire, et de la disparition des bonnes espèces pastorales, au profit des espèces dites de dégradation. Parmi ces espèces de dégradation, on cite *Asphodelus macrocarpus, Drimia maritima, Lycium shawii, Dittrichia viscosa*, pour les parcours du nord du pays, et des espèces comme *Astragalus armatus, Artemisia campestris, Arthrophytum scoparium, Peganum harmala*, etc., pour les parcours du centre et du sud du pays.

En plus de la perte de la biodiversité suite à la dégradation des écosystèmes pastoraux, les phénomènes d'ensablement et de désertification se sont accentués et sont devenus une menace sérieuse pour les attributs vitaux des écosystèmes, et ce indépendamment du type de bioclimat, puisque ce phénomène est aujourd'hui visible en Tunisie, depuis le nord jusqu'à l'extrême sud du pays.

Le tableau ci-dessous présente la superficie des différents parcours en Tunisie. Ces superficies sont arbitraires, en raison de la transformation et de l'artificialisation subie par le paysage ces dernières années, notamment après l'avènement de la révolution de 2011. L'inventaire forestier et pastoral national, en cours, fournira les données précises sur la superficie des différents parcours en Tunisie.

Tableau 12 : Répartition des superficies des différents parcours en Tunisie

Type de parcours	Superficie (en ha)
Parcours forestiers	300 000
Formations steppiques	3 878 100
Formations herbacées	64 563
Nappes alfatières	452 339
Plantations pastorales	105 773
Total	**4 800 775**

Le piétinement du bétail, s'il prend des proportions excessives, rend le terrain compact, empêche la circulation de l'air et de l'eau nécessaire à la vie organique du sol, empêche aussi la germination des semences du sol, et le développement des racines des plantes. Les végétaux herbacés disparaissent progressivement, et le terrain dénudé est alors soumis à l'action des agents de l'érosion, vent et précipitation atmosphériques. Leurs racines mises à nu sont fréquemment blessées par le pied du bétail et la pourriture s'introduit dans le bois.

2.1.6.2.4. Les coupes illicites des arbres forestiers et le déboisement

Les forêts tunisiennes sont sujettes à des délits, représentés par des actions de coupes. Ces actions se sont accentuées, durant ces dernières années, soit après la révolution de 2011. La photo ci-dessous montre l'ampleur des délits de coupes subies par la forêt naturelle du chêne zen à la localité de Ain Zana. Ces coupes, qui ont permis d'abattre 2 000 arbres et dilapider 100 ha de forêts en deux semaines, où des arbres centenaires furent dramatiquement abattus, constituent un crime, qui doit être sévèrement puni. C'est un acte criminel étant donnée la faible dynamique des populations de cette espèce.

Figure 37 : Coupe illicite de la forêt de Chêne Zen à Ain Zana (Photo M. Kalboussi, 2020)

Le même sort est connu par les forêts artificielles. Sur la photo ci-dessous, on observe les délits de coupes, subies après la révolution par un peuplement de Pins d'Alep de la forêt de Ghedabna (Mahdia). En plus de la fixation des dunes littorales dans cette zone, cette forêt abrite une faune

diversifiée, notamment pour la nidation des oiseaux migrateurs, qui fréquentent la sebkha de Njila, située sur la route reliant Mahdia à la Chebba.

Figure 38 : Délits des coupes subies par la forêt artificielle de la zone de Ghedhabna (Mahdia)

Toutes ces coupes illicites subies par les formations forestières, qu'elles soient naturelles ou artificielles, se répercutent sur la perte de la biodiversité, en raison de la disparition des espèces de la faune, et aussi de celle des espèces végétales. Bien que le Code forestier punisse sévèrement de tels délits, il serait indispensable d'appliquer la loi contre ces pratiques, qui constituent des véritables menaces de la diversité biologique.

La dégradation du couvert végétal de différents types de forêts concerne aussi des espèces cibles pour la fabrication des objets d'art (Figure 39). Parmi ces espèces, on cite :

- L'aulne (Alnus), coupé par les artisans du bois ;
- Les gros pieds d'arbousier, coupés en totalité ou en partie, pour la confection d'objets en bois ;
- Les gros pieds d'oléastre, coupés par les artisans du bois ;
- Le myrte, coupé à ras, pour la distillation.

D'autre part, diverses espèces végétales se développant sur les berges des cours d'eau sont particulièrement menacées, et il est opportun d'envisager leur multiplication pour une exploitation raisonnée. Concernant l'espèce *Myrtus communis* (Myrte commun), les arbustes perdent en temps pour s'accroître, fleurir et fructifier. On ne peut pas tolérer que de telles pratiques perdurent, car l'intensité des coupes est importante et a tendance à s'étendre (Kalboussi, 2020). La solution passe par la plantation du myrte destiné à la distillation et par le fait de laisser à la forêt le temps de se développer. Ce type de solution n'est malheureusement pas à l'ordre du jour, y compris chez les associations faisant la promotion de la distillation de cette essence.

Figure 39 : Objets d'art, fabriqués à partir d'arbres forestiers illicitement coupés, dans la région de Ain Draham et Tabarka

D'autres opérations sylvicoles, notamment celles relatives à l'extraction du liège, sont effectuées par du personnel non qualifié. Les blessures laissées sur les arbres démasclés (dont on a prélevé le liège) constituent un justificatif de cette action. Ces blessures représentent des portes d'entrée pour les agents pathogènes, qui affaiblissent l'arbre et peuvent entrainer sa mort. La solution est pourtant « simple », et passe par la formation du personnel chargé de telles opérations. D'autres délits, de moindre importance, consistent au démasclage du chêne liège en dehors de la période réglementaire et avant que la couche de liège ne se soit entièrement régénérée, ce qui provoque au moins un affaiblissement des arbres démasclés, sinon leur mort. Selon Kalboussi (2020), le but de ce type d'opération semble être la confection artisanale de ruches d'abeilles.

Enfin, les plantes pharmaceutiques et aromatiques, qui sont nombreuses en Tunisie, constituent une importante source de revenus complémentaires. Les services forestiers du ministère de l'Agriculture ont recensé 149 espèces végétales médicinales et 38 espèces à huile essentielle, mais l'exploitation grandissante de certains taxons comme le romarin ou le myrte risquent de conduire à une raréfaction de la ressource, voire à l'extinction de certaines espèces.

2.1.6.2.5. La chasse et le braconnage

En Tunisie, la chasse est définie et réglementée par le Code forestier. Ce dernier précise les modalités d'organisation (zones et périodes d'ouverture), définit et organise la chasse photographique et cinématographique et les modalités de chasse pour les non-résidents (chasse touristique). Le Code prévoit aussi les institutions comme le « Conseil supérieur de la chasse et de la conservation du gibier », les associations de chasseurs, ainsi que les rapports entre ces institutions et l'administration. Un arrêté du ministre de l'Agriculture fixe chaque année les dates d'ouverture et de fermeture de la chasse selon les espèces de gibier. On compte en moyenne 12 000 chasseurs qui adhèrent à des associations de chasseurs regroupés dans 23 associations régionales de chasseurs (ARC) qui font partie de la Fédération Nationale des Associations de Chasseurs (FNAC). Les associations sont financées à partir des cotisations de leurs membres et des subventions du ministère de l'Agriculture et des Ressources hydraulique et la Pêche.

La chasse constitue l'un des moteurs de la perte de la faune sauvage tunisienne. En dépit de la sévérité de la loi, prévue par le Code forestier, des opérations de chasse non règlementaire et des délits de braconnage sont commis chaque année. Ces délits sont plus nombreux dans la partie sud du pays, où le contrôle est difficile en raison des vastes étendues de zones de chasse et de braconnage. Les espèces sahariennes (Gazelles leptocères, Gazelles dorcas, Outarde houbara) sont les plus ciblées par le braconnage. C'est ainsi que des mesures sévères doivent être mises en place afin d'arrêter ces pratiques, faute de quoi les espèces ci-dessus citées seront dans le proche avenir éteintes de la faune tunisienne.

2.1.6.2.6. Impact de la dégradation des propriétés physico-chimiques du sol

Le sol est l'une des ressources naturelles inestimables de la planète. Il exerce des fonctions clés qui sous-tendent nos sociétés, dont la production des aliments pour l'humanité. En Tunisie, le sol est dégradé par un large éventail de facteurs, ce qui a des conséquences environnementales et économiques considérables. La gestion non durable des terres, comme la déforestation, le défrichement, le surpâturage, les incendies des forêts, la pollution et l'urbanisation sont parmi les principales causes de cette situation. Dans ce contexte, on peut citer différents facteurs considérés comme clés dans la dégradation du sol. Ces facteurs sont principalement :

- Le déclin de la biodiversité, résultant de l'érosion du sol, la contamination des sols par les divers polluants et la salinisation par l'usage des eaux saumâtres et des engrais chimiques ;
- Le compactage du sol, induit par les sabots des troupeaux et aussi par les machines et les engins de transport, ce qui réduit le stockage de l'eau et rend le sol moins perméable aux racines des plantes. La diminution de la capacité d'infiltration et de percolation de l'eau réduit son stockage, et accentue le risque d'érosion en accélérant le phénomène de ruissellement ;
- Les façons culturales répétées et le travail fréquent du sol provoque l'érosion hydrique et éolienne, qui est un phénomène irréversible de la dégradation du sol, et la perte de sa fertilité ;
- Les glissements de terrain provoqués par la déforestation, l'abandon des terres et la modification de leur vocation (phénomène de réaffectation) ;
- La perte de la fertilité du sol et genèse du phénomène de la désertification.

En plus des facteurs ci-dessus cités, il existe d'autres menaces potentielles pour l'intégrité des sols. Parmi ces menaces, on cite l'effet des changements climatiques qui sont en relation avec l'occurrence des sécheresses fréquentes, notamment en Tunisie méridionale. Dans cette partie du territoire, les sécheresses peuvent parfois durer plusieurs années consécutives, aggravant de ce fait la dégradation des sols et leur rôle dans la gestion des flux terrestres du CO_2 atmosphérique.

L'ensemble de ces facteurs affectent en premier la capacité des sols à accomplir les services écosystémiques, et en second lieu la biodiversité et l'érosion génétique, où on assiste souvent à l'extinction totale des espèces de la faune et de la flore.

2.2. SYNTHÈSE ET CONCLUSION RELATIVE AU SECTEUR DE L'AGRICULTURE

Selon une étude du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), au niveau mondial, la production agricole est responsable de 60 % de la perte de biodiversité terrestre et de 33 % de la dégradation des sols.

Les différents chapitres ci-dessus évoqués présentent l'effet du secteur agricole sur l'érosion de la biodiversité en Tunisie. S'agissant en l'occurrence des sous-secteurs de i) la céréaliculture, ii) l'élevage, iii) l'usage des insecticides, iv) l'arboriculture fruitière, v) la foresterie et vi) les cultures intensives, il ressort que ce secteur de production affecte indéniablement la biodiversité.

En effet, le secteur agricole, qui occupe une place importante au sein de l'économie tunisienne et contribue efficacement à l'emploi dans le pays, affecte la biodiversité et provoque son érosion de différentes manières : la fragmentation et la destruction des habitats, la collecte des espèces, la pollution du milieu, la prolifération des espèces invasives et bien entendu le phénomène des changements climatiques. Ceci corrobore les constatations à l'échelle internationale.

D'ailleurs, dans un excellent article publié dans la prestigieuse revue *SCIENCE* par Jonathan A. Foley et al (2005), les auteurs montrent clairement, selon un modèle conceptuel, l'impact de ce secteur agricole sur la biodiversité et surtout la transformation des habitats (Figure 40). Ces auteurs

soulignent les transitions dans les activités d'utilisation des terres, qui peuvent être vécues dans une région donnée au fil du temps. Ainsi, à partir des écosystèmes naturels jusqu'à l'agriculture intensive, on suit des paliers de dégradation de la diversité biologique, selon un gradient décroissant des habitats naturels. Les écosystèmes naturels sont dans ce cas totalement spontanés, alors que les zones intensifiées sont totalement artificialisées. Ce gradient de transformation des habitats affecte la diversité biologique, notamment les espèces de faune sauvage et de flore spontanée.

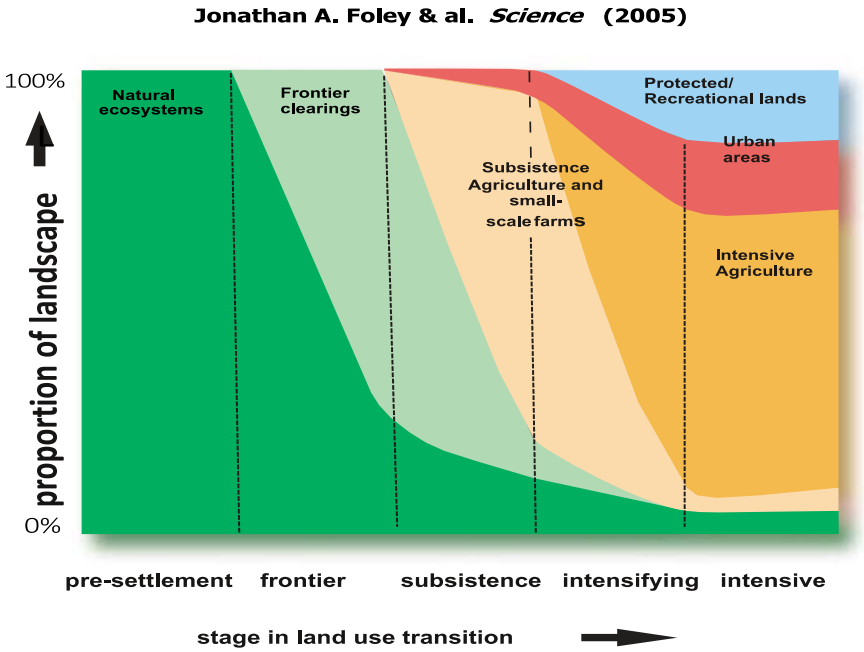


Figure 40 : Modèle conceptuel, montrant l'impact de l'intensification de l'agriculture sur la perte des habitats naturels et des espèces

L'agriculture est donc le premier secteur économique responsable de l'érosion de la biodiversité en Tunisie. Son effet s'observe aussi bien au niveau des espèces spontanées et sauvages qu'au niveau des espèces domestiquées. Les conséquences du secteur agricole sur la perte de la diversité biologique sont de ce fait multiples, selon le sous-secteur. Ces conséquences s'observent depuis la perte et l'extinction d'une ou plusieurs espèces jusqu'à des processus physiques et chimiques irréversibles comme l'érosion et la salinisation du sol, phénomènes qualifiés de désertification. D'ailleurs, selon la Ligue française pour la Protection des Oiseaux (LPO, 2005), en France comme en Europe, l'agriculture est la première cause de déclin de la faune sauvage. L'absence de prise en compte de l'environnement dans les pratiques agricoles a des répercussions sur les ressources naturelles (pollution de l'eau, dégradation des sols, banalisation des paysages) et donc des conséquences sur la biodiversité.

3. IMPACTS DU SECTEUR DE L'INDUSTRIE SUR LA BIODIVERSITÉ

3.1. INTRODUCTION

La part de l'industrie dans le PIB est estimée à 30 %, incluant l'industrie non manufacturière, c'est-à-dire les mines, les carrières, l'énergie et l'eau. L'industrie manufacturière représente à elle seule 16 % du PIB, ce qui lui confère un poids important dans l'économie nationale avec 5 800 entreprises, 510 000 emplois directs et 80 % des exportations totales du pays.

L'industrie connaît une forte concentration des entreprises sur le littoral (84 % des entreprises et 87 % des emplois). Le reste des entreprises sont situées à l'intérieur du pays, notamment les grosses entreprises comme celles des phosphates, des engrais chimiques et d'extractions diverses. Selon le rapport UNEP, les principaux problèmes environnementaux en Tunisie sont les effluents industriels et urbains, les déchets industriels et les déchets solides urbains, ainsi que l'urbanisation côtière.

En milieu littoral, les points névralgiques sont surtout le Golfe de Gabès, la ligne côtière de Sfax, le Lac de Bizerte et aussi l'ile de Djerba. En milieu continental, plusieurs endroits, notamment les lits d'écoulement d'oueds, les endroits juxtaposés aux carrières et aussi ceux qui sont situés à proximité des usines et des unités industrielles diverses.

L'importance des sous-secteurs de l'industrie en matière d'emploi est variable. Néanmoins, l'industrie textile demeure la première activité industrielle, générant des postes d'emploi, suivie par le sous-secteur de l'industrie agro-alimentaire et celui des industries chimiques en 3e position. Pour plus de détail, nous avons cherché à illustrer, sur la figure ci-dessous, l'effort de chaque sous-secteur dans l'emploi, et ce d'après les données de l'API (2013).

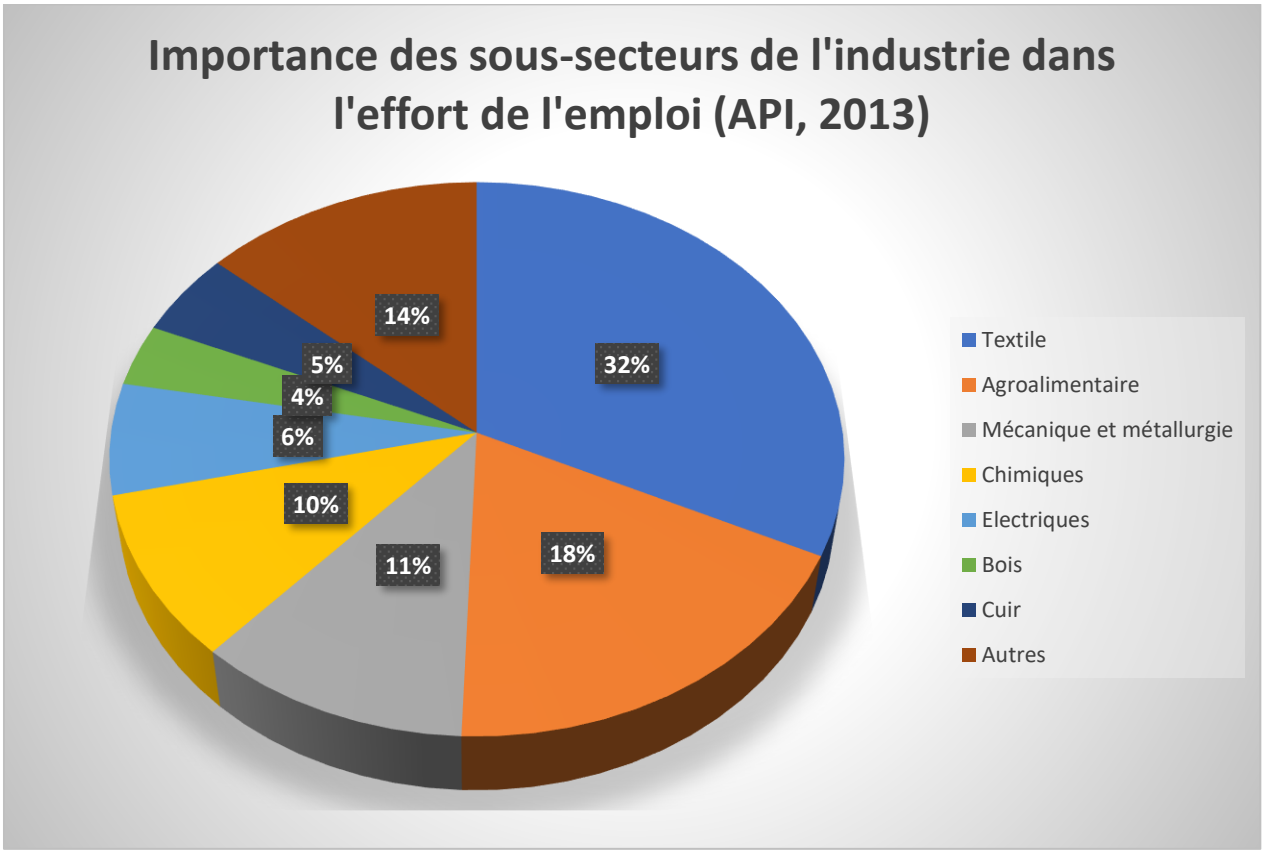


Figure 41 : Place occupée par chaque sous-secteur dans l'emploi (API, 2013)

En matière de pollution, le secteur industriel est une incontestable source de pollution en Tunisie.

Malgré les efforts pour contrôler et limiter les déversements des effluents industriels et les rejets solides et liquides, mais aussi les dégagements divers, la pollution par tous les déchets émanant du

secteur industriel demeure importante dans l'environnement littoral, marin et continental. Des industries déversent leurs eaux usées sans traitement, conséquence parfois de dysfonctionnements des équipements de traitement (UE, 2006a). À titre d'exemple, selon Sayadi (2014), pour la seule pollution hydrique, les rejets de 75 % d'entreprises considérées polluantes par l'ONAS contenaient des charges polluantes supérieures aux normes (UE, 2006 a). Une fois rejetés dans l'environnement, ces polluants affectent toutes les composantes (air, eau, sol et biodiversité).

Dans ce qui suit, nous détaillerons la nature et l'effet des polluants, résultant des divers types d'industries.

3.2. INDUSTRIE EXTRACTIVE

3.2.1. LES CARRIÈRES

3.2.1.1. Généralités sur les carrières

Les carrières fournissent la plupart des matériaux destinés au domaine de la construction, à savoir le bâtiment, les travaux publics et l'industrie du ciment, du béton, des briques et des céramiques. L'ensemble des constructions privées et publiques réalisées chaque année en Tunisie requiert l'équivalent de 40 millions de tonnes de matériaux, soit approximativement 4 tonnes de granulats par personne (Achour, 2007). S'il est donc indispensable d'exploiter des carrières pour assurer l'approvisionnement du territoire en matériaux, diverses questions se posent, notamment au regard de la préservation de la biodiversité. Les choix d'implantation, s'ils dépendent essentiellement de la nature et de l'exploitabilité des gisements, doivent également prendre en compte les impacts sur les zones naturelles potentiellement concernées.

3.2.1.2. Importance des carrières en Tunisie

L'activité d'exploitation des carrières en Tunisie est l'un des secteurs les plus importants sur le plan socio-économique. Durant ces dernières années, ce secteur se caractérise par une croissance remarquable, et ce grâce au développement du secteur immobilier et à l'augmentation des chantiers de travaux publics, tels que les routes, les autoroutes, les ponts et les barrages. Les pierres exploitées en Tunisie sont essentiellement d'origine sédimentaire, et se divisent principalement en trois groupes :

- les pierres marbrières,
- les pierres ornementales (dont la taille a presque les mêmes caractéristiques que celle des pierres marbrières),
- les moellons qui sont des pierres de construction et/ou de concassage.

En outre, en Tunisie, on trouve aussi, comme substance utile à exploiter, l'argile, le gypse et le sable. On note que, généralement, l'exploitation des carrières en Tunisie se fait à ciel ouvert. Selon Le ministère de l'Équipement, le nombre de carrières exploitées, de différentes natures, est supérieur à 600. L'exploitation se fait selon deux modes : (i) d'une manière industrielle avec une capacité de production qui dépasse 70 000 t/an pour les pierres et 5 000 t/an pour les autres produits, et (ii) d'une manière artisanale quand les carrières ont des capacités de production limitées. L'exploitation de ces carrières permet le développement des cimenteries, des industries des matériaux de construction, de la céramique et du verre. Ce secteur permet d'offrir environ 20 000 emplois. Par contre, au niveau environnemental, ce secteur est très influent eu égard aux lourds engins employés et aux puissantes méthodes d'extraction des minéraux, dont l'impact sur l'environnement est considérable. Il est à noter que les ciments sont les principaux produits exportés, avec une part de 28 % en 2012. Ils sont suivis des « carreaux en céramique » et des « plâtres et dérivés » avec respectivement 13 et 12 %.

Par ailleurs, selon Achour (2007), en Tunisie, plus de la moitié des carrières industrielles sont en exploitation dans la région du nord du pays, soit environ 51 % de la capacité de production du pays. Le district de Tunis possède, à lui seul, un minimum de 37 carrières industrielles de pierre et 6 de sable roulé. De plus, le décryptage des données montre que la région du nord ravitaille la région du centre en produits de carrières (principalement des granulats pour la construction). Dans la zone centrale de la Tunisie sont implantés environ 25 % des carrières industrielles du pays, avec une production de 19 %. Enfin, pour le sud, le nombre de carrières industrielles est très limité (7 %), et la production correspondante est faible (9 %).

La figure ci-dessous montre la répartition géographique des points de carrières en Tunisie comparée à la carte de biodiversité globale issue des analyse STAR (IUCN, 2020).

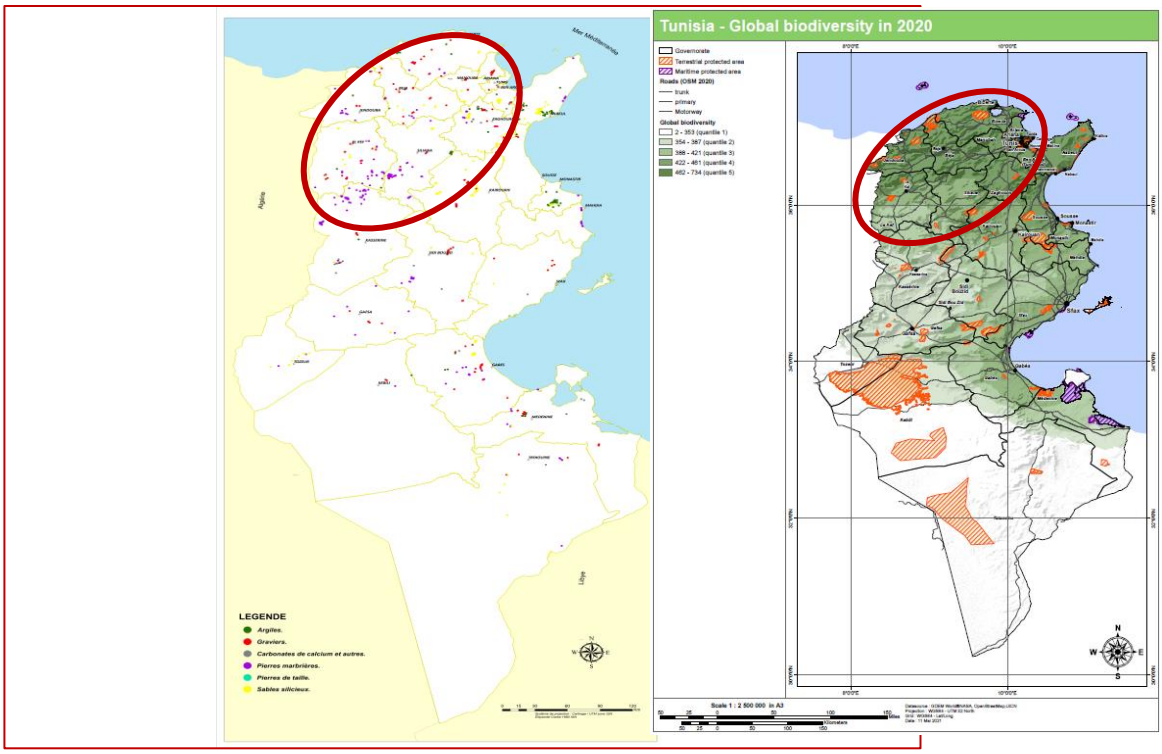


Figure 42 : Répartition des points de carrières en Tunisie (ONM, 2020) et carte STAR-Biodiversité globale 2020 (IUCN, 2020)

D'après cette carte, on remarque effectivement que la majorité des carrières sont situées en Tunisie septentrionale plutôt localisés sur des écosystèmes montagneux (exploitation de la roche), riches en biodiversité, mais également dans des lits d'écoulement d'oueds (sable, gravier, etc.). Cette zone du pays est la plus riche en biodiversité comme le montre la carte de l'IUCN (basée sur les espèces de la liste rouge pour les oiseaux, les mammifères et les amphibiens).

L'exploitation des carrières dans ces secteurs qui constituent des réservoirs de la biodiversité, entraîne des impacts directs et indirects (fragmentation des écosystèmes) qui participe à l'érosion de la biodiversité

3.2.1.3. Impacts des carrières sur l'environnement

La prolifération des carrières en Tunisie a été à l'origine d'une dégradation du paysage, du bouleversement des équilibres naturels des différents sites exploités et d'une pollution du milieu environnant, causée par l'émission de bruit et de grandes quantités de poussières.

Les carrières exercent une forte pression, le plus souvent irréversible, sur l'environnement et, les conséquences sont multiples (figure 43). Leur gravité s'échelonne selon le mode d'exploitation et d'ouverture des sols, depuis l'usage simple des engins jusqu'à l'usage des explosifs, qui est très dramatique pour toutes les composantes environnementales. Ainsi, en plus des pollutions atmosphériques, hydriques, sonores et visuelles, les conséquences de l'usage des explosifs sont désastreuses en matière de vibration et de glissement des sols.

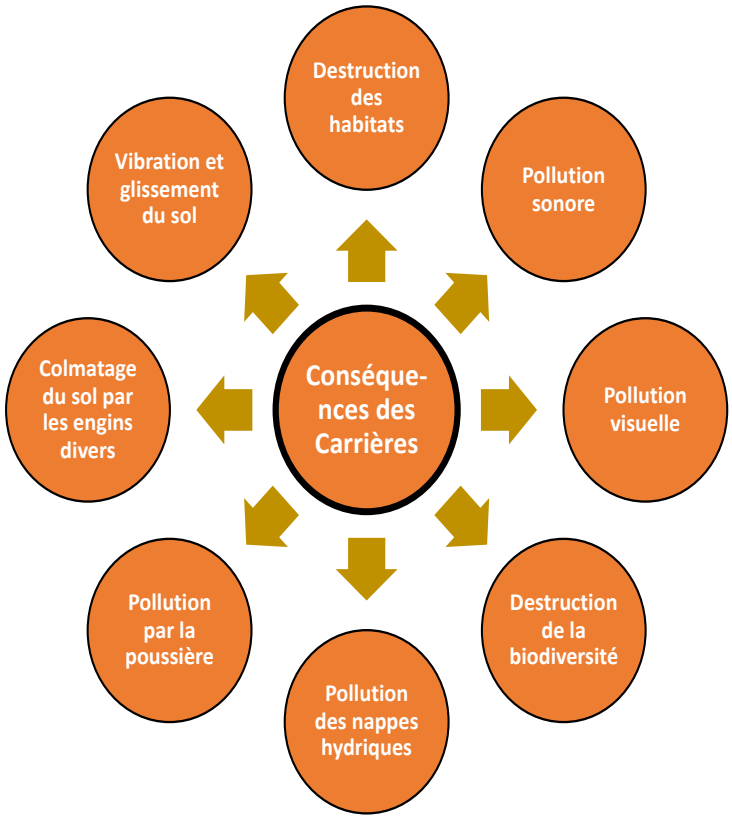


Figure 43 : Effets multiples de l'activité d'exploitation des carrières

La Figure 44 ci-dessous présente l'importance écologique des milieux potentiellement exploitables (zones de montagne et oueds) pour des carrières.

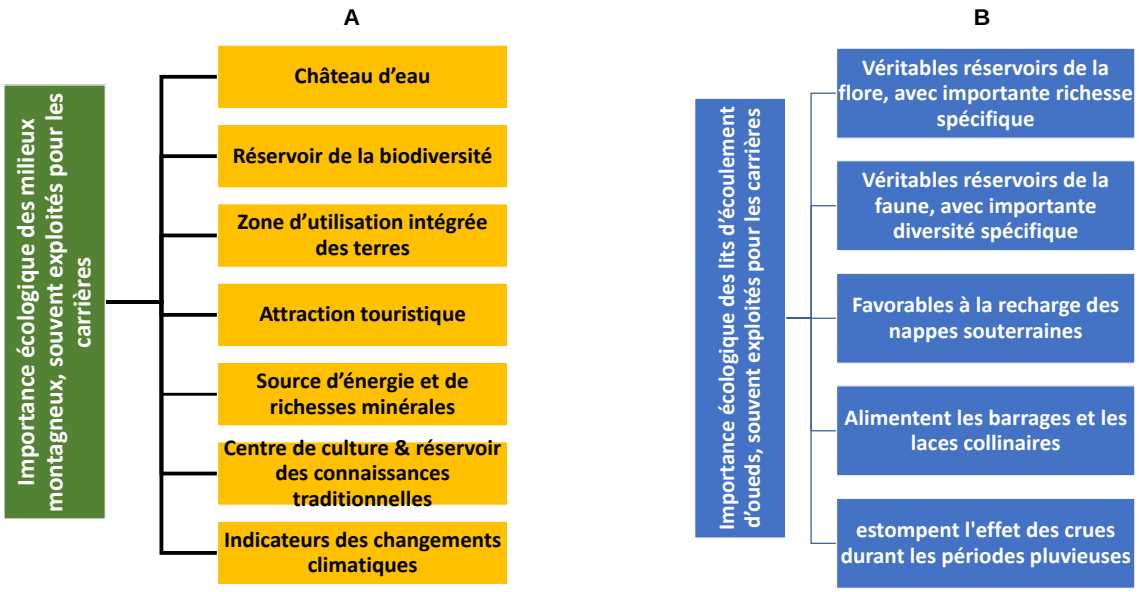


Figure 44 : Importance écologique des milieux potentiellement exploitables pour des carrières en Tunisie

Les risques engendrés par les carrières sont présentés ci-après.

3.2.1.3.1. Émissions de poussières

Sur un site de carrières, les émissions de poussières résultent de l'abattage des matériaux lors des tirs miniers, de leur traitement et aussi de leur stockage, ainsi que de la circulation des engins sur des pistes non revêtues. Les émissions sont d'autant plus importantes que le matériau est extrait et traité à sec, et d'autant plus sensibles que le site se trouve rapproché des zones urbanisées et voies de communication importantes et des écosystèmes et des agrosystèmes. Ainsi, on remarque qu'à proximité de toutes les carrières, notamment celles qui sont situées dans des zones peu pluvieuses du pays, la végétation naturelle et cultivée est couverte de poussière, ce qui pose des problèmes au niveau de la physiologie des plantes, pouvant engendrer leur nécrose, puis leur mort.

3.2.1.3.2. Consommation d'espace et impact visuel

Les gisements des carrières se font aux dépens de l'intégrité du milieu et des habitats. En dépit des lois qui organisent cette activité, certaines carrières finissent par démolir des portions entières de zones montagneuses. Ce phénomène est même visible à proximité ou même dans certaines aires protégées. On cite à ce propos la fameuse carrière qui existait à l'intérieur du parc national de l'Ichkeul (Figure 45), mais qui heureusement a fini par être fermée, sur décision courageuse des autorités.

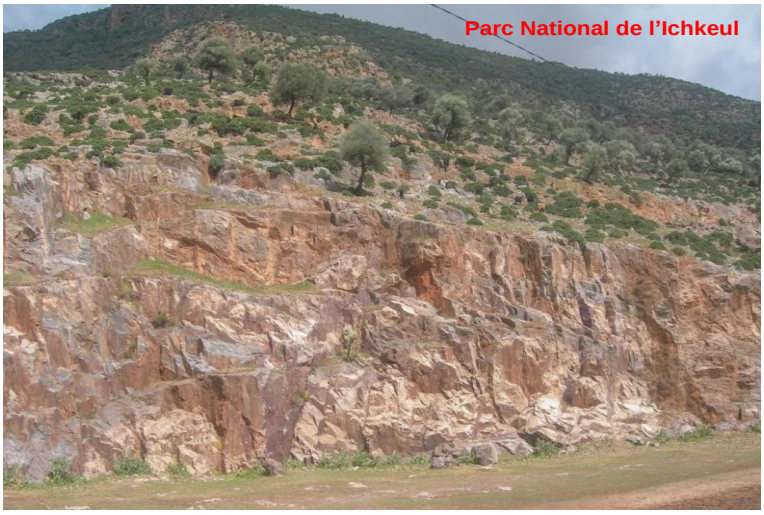


Figure 45 : Vestige d'une ancienne carrière d'extraction de pierre marbrée, située à l'intérieur du parc national de l'Ichkeul

La même chose est visible actuellement au niveau de l'entrée sud de la capitale, et plus précisément à proximité du parc national de Bou Kornine, où une carrière est en cours d'exploitation, mettant en péril une importante superficie de la forêt de *Tetraclinis articulata* du pays (Figure 46). Cette carrière a un impact très négatif sur la flore, mais surtout sur la faune du parc, provoquant sans aucune illusion sa migration vers d'autres endroits, ce qui l'expose au risque de braconnage et de délits.

Figure 46 : Carrière d'extraction de pierre marbrée en exploitation (2021), juxtaposée au parc national de Bou Kornine

3.2.1.3.3. Impact sur l'eau et les nappes hydriques

L'exploitation d'un gisement alluvionnaire dans les lits d'écoulement d'oueds (cas de la carrière située à l'oued Beyach à Gafsa), peut présenter un certain nombre d'inconvénients pour le milieu aquatique, comme la fragilisation de la nappe phréatique par sa mise à l'air libre lui faisant perdre le bénéfice de la protection et du pouvoir épurateur des matériaux de couverture. Par ailleurs, quel que soit le type de carrière, l'écoulement des eaux pluviales lessivant les zones d'extraction et de traitement des matériaux, l'approvisionnement et le rejet ou le stockage d'hydrocarbures sur les sites des carrières, ainsi que l'éventuel emploi d'eau de procédé (traitement des matériaux, abattage des poussières) constituent autant de sources de pollution soit pour les nappes profondes, soit également pour les barrages et les lacs collinaires. À ce propos, les poussières accumulées au niveau des retenues d'eau (barrages et lacs collinaires) finissent par se sédimenter au fond de ces retenues, ce qui réduirait, à terme, leur capacité de rétention.

Si les activités d'extraction dans les carrières entraînent des impacts souvent importants, la non réhabilitation des sites après exploitation est un problème aux effets durables. Les sites sont détournés de leur fonction première et sont utilisés pour diverses activités humaines (bergerie, déchèterie, etc.) qui deviennent des sources de pollution des nappes phréatiques.

Par exemple, la série de carrières profondes et abandonnées dans la localité de Rejiche (Mahdia), n'ont pas été réhabilitée et sont utilisées comme bergeries et étables pour les animaux d'élevage. Sous l'effet des précipitations, il se produit une remontée de la nappe, et l'eau en surface sera mélangée avec les divers excréments des animaux, ce qui provoque des pollutions. En outre, sous l'effet de la remontée de la nappe, l'eau persiste en surface durant plusieurs mois, ce qui engendre le phénomène d'eutrophisation et le développement des foyers de moustiques, du genre *Aedes*, véritables agents contagieux pour l'homme et les animaux domestiques.

La figure ci-dessous illustre les multiples problèmes écologiques, notamment sur la biodiversité, résultant de ces carrières non réhabilitées, et leurs impacts très négatifs sur les espèces et les habitats.

Figure 47 : Problèmes écologiques multiples, notamment au niveau de la biodiversité, posés par les carrières abandonnées sans être réhabilitées

D'autres carrières également abandonnées, et non écologiquement réhabilitées, sont affectées à la production agricole. La figure ci-dessous montre des carrières très profondes, utilisées en agriculture (céréales et olivier). La flore et la faune ont irréversiblement disparues ou ont laissés la place à des adventices et une faune ubiquiste.

C'est la raison pour laquelle il faut impérativement réhabiliter les carrières après leur abandon, par l'installation par exemple d'une strate forestière, avec des espèces autochtones, comme le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le Caroubier (*Ceratonia siliqua*) et le Genévrier de Phénicie (*Junuperus phoenicea*).

Figure 48 : Carrières très profondes, abandonnées sans être réhabilitées, mais utilisées en agriculture pluviale de faible rendement (céréales et olivier)

Ces constats soulignent outre une absence de conscience des professionnels de cette filière vis-à-vis de l'environnement, l'inefficacité (ou l'absence) des études d'impact et de la mise en œuvre de mesures compensatoires.

3.2.1.3.4. Bruits et vibrations

L'émission de bruits concerne quasi exclusivement les carrières de granulats faisant appel à des engins lourds de transfert et à du matériel de concassage et de criblage. Les tirs d'explosifs dans les carrières de roche massive occasionnent des émissions sonores et des vibrations ; ces opérations ont, néanmoins, une fréquence réduite (mensuelle voire hebdomadaire) qui peuvent affecter la faune, particulièrement en période de reproduction.

Afin d'atténuer ces conséquences sur la biodiversité, des moyens palliatifs permettent de réduire l'impact sonore des carrières tels que : le choix de matériels moins bruyants et l'emploi de matériaux et dispositifs isolants. Quant aux vibrations, pour prévenir la dégradation des infrastructures environnantes, leurs caractéristiques peuvent être maîtrisées par l'emploi de techniques de minage adaptées (amorçage retard). De telles précautions doivent au minimum figurer dans le cahier des charges de l'exploitation des carrières. Néanmoins, même avec un maximum de prudence, l'impact du bruit et des vibrations au niveau des carrières sur la faune sauvage est souvent important.

3.2.1.3.5. Les transports routiers

Les produits des carrières sont aussi nuisibles au moment de leur manipulation et de leur transport. À ce propos, les principales nuisances ont pour origine :

- les émissions sonores des engins de manipulation et de transport,
- la dégradation des chaussées et voies d'accès,
- les risques liés aux dépôts de boue et à la circulation d'engins encombrants et fortement chargés sur la voie publique,
- les émissions polluantes des moteurs.

Différents facteurs peuvent accentuer ces nuisances, tels que l'état et la taille des voies empruntées, la densité de circulation, la traversée des zones urbanisées, voire même les horaires de circulation.

3.2.1.4. Impacts des carrières sur la biodiversité en Tunisie

La carte suivante (figure 49) présente la distribution des carrières, des aires protégées et des principaux couloirs de migration de l'avifaune. Comme avec la carte de biodiversité globale (STAR-IUCN), il apparait clairement qu'il y a de potentielles interférences entre les activités d'extraction et les aires protégées, et les zones de migration. Cela peut se traduire de différentes façons, que ce soit par les différents dérangements évoqués dans les chapitres précédents (et en particuliers lors des périodes de reproduction ou de repos pour les espèces migratrices) et par des effets de fragmentation du paysage qui contribuent à dégrader les connectivités entre les habitats.

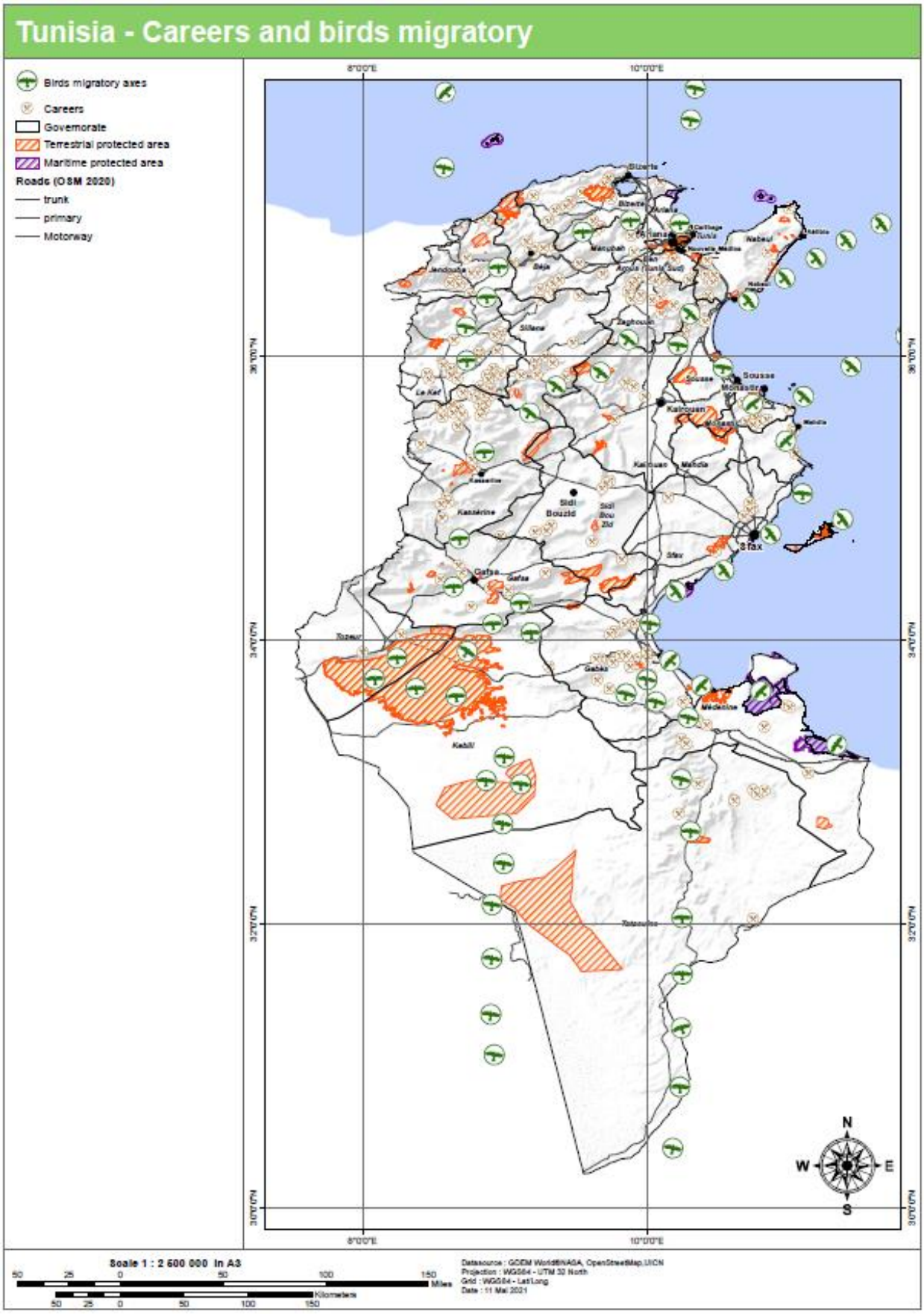


Figure 49 : Superposition des zones des carrières, des aires protégées et des couloirs migratoires des oiseaux en Tunisie (source : Oréade-Brèche, 2021)

En conclusion, en Tunisie, les carrières existent dans tout le pays, avec une plus grande abondance dans la région du Nord de la Dorsale, qui est normalement la plus riche en biodiversité. L'exploitation de ces carrières affecte les diverses composantes de la biodiversité (faune et flore). Les sites des carrières sont généralement situés sur des milieux montagneux, où la faune et la flore trouvent leurs refuges. On remarque clairement la superposition des zones de forte concentration de carrières avec celle des aires protégées. De même, on remarque que les couloirs migratoires de l'avifaune migratrice transitent globalement par cette zone. Par ailleurs, les procédés d'extraction, notamment l'usage des explosifs sont très nuisibles surtout pour la faune, et aussi pour la faune.

Donc, l'industrie d'extraction constitue l'un des moteurs de l'érosion de la biodiversité en Tunisie.

3.2.2. LES CIMENTERIES

3.2.2.1. Description du secteur des cimenteries

Une autre composante des carrières est le secteur du ciment tunisien. En effet, le paysage cimentier tunisien se compose de neuf cimenteries tel qu'on peut le voir sur la carte ci-dessous :

- huit usines de production de ciment gris ,
- une de production de ciment blanc.

La première usine qui a vu le jour fut celle des Ciments Artificiels Tunisiens (CAT), installée depuis 1932 dans la banlieue sud de la capitale, suivie des Ciments de Bizerte (SCB) en 1953, située dans la région de Bizerte.

Au mois d'avril 2012, est entrée en production une nouvelle cimenterie, filiale de la SOTACIB à Kairouan.

L'année 2013 a été marquée par la naissance de Carthage Ciment, dont la capacité de production nominale annuelle est de 2,5 millions de tonnes de ciment (6 500 tonnes par jour). Elle table également sur une production de 1 200 tonnes de pierres par jour et de 2 600 m^3/jour de béton armé prêt à l'utilisation.

Suite à l'urbanisation et pour répondre aux besoins du marché, de nouvelles unités ont été fondées, à savoir :

- La cimenterie de Gabes, SCG
- La cimenterie d'Oum El KELIL, CIOK
- La cimenterie d'ENFIDA, SCE
- La cimenterie de Jebel El-Oust, CJO
- La Société Tuniso-Andalouse de Ciment Blanc, SOTACIB
- La SOTACIB Kairouan

3.2.2.2. Impact des cimenteries sur la biodiversité

L'ensemble de ces unités sont implantées à travers le pays, et plus précisément soit des zones proches du littoral, soit, en zone continentale, et ce tel que le montre la figure ci-dessous. Par cette localisation, ces différentes unités agissent sur différents écosystèmes.

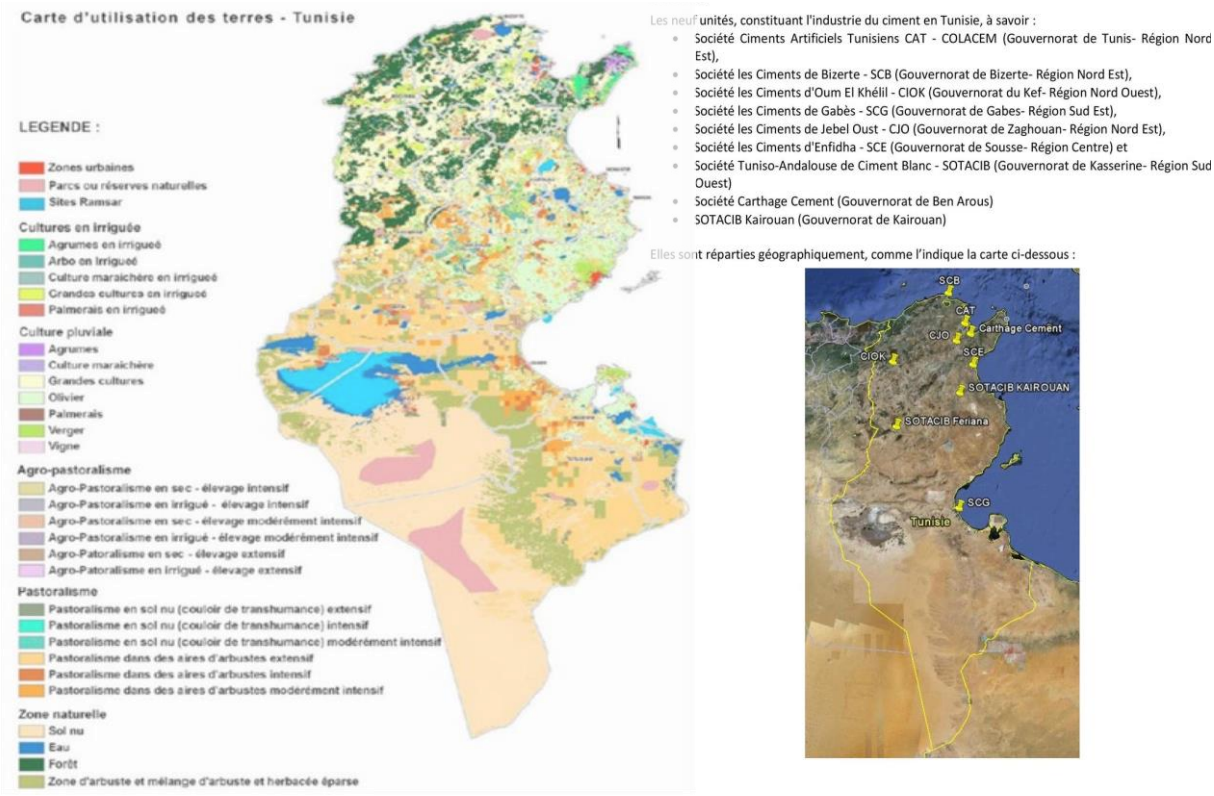


Figure 50 : Localisation géographique des unités de fabrication de ciment en Tunisie, par rapport à la carte d'occupation du sol

Cette carte montre donc que la majorité des usines de ciment sont implantées à côté des carrières des roches calcaires, soit depuis la région d'enfidha jusqu'à l'extrême nord du pays. L'exception est cependant faite pour la cimenterie de Gabès, située au sud du pays, mais toujours à proximité des montagnes rocheuses calcaires. L'effet conjugué de l'exploitation des carrières et des procédés de fabrication du ciment affectent la biodiversité par les différents types de pollutions émanant de cette exploitation.

Pour l'ensemble de ces unités, la production annuelle est estimée à 16,74 millions de tonnes en 2013 (Tableau 13), sachant que pour produire 1 tonne de ciment, il faut entre 1,5 et 2 tonnes de matière première (80 % de calcaire et 20 % d'argile), soit au total 28 à 33 millions de tonnes de matière première, annuellement prélevés de la nature et transformés en ciment. Cette importante quantité de matière première prélevée nécessite l'exploitation de vastes étendues de paysages, dont on ignore la superficie, qui demeure une donnée confidentielle, propre à chaque usine.

Tableau 13 : Production annuelle de ciments en Tunisie, entre 2008 et 2013 (MEF-SEDCI, 2013)

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	TCAM
Ciment Gris	7 324	7 163	7 554	6 696	7 500	8 500	4 %
Ciment Blanc	316	330	340	320	340	370	3 %
Clinker de ciment	6 399	6 378	6 433	5 558	6 500	7 500	4 %
Chaux	371	364	340	282	339	370	0.4 %
Production totale (1000 t)	14 410	14235	14667	12 856	14679	16 740	4 %
Production de liants (MTD)	864	890	940	780	1 028	1 228	8 %

Aussi, considérant l'implantation des différentes cimenteries en Tunisie, leur impact sur la biodiversité et l'habitat est considérable. Les différents types de pollution par le bruit et la vibration sont très nuisibles à la faune des milieux environnants. Toutefois, en plus de la pollution sonore, la pollution par la poussière est le problème le plus grave de l'impact des cimenteries sur l'environnement, et plus précisément sur la biodiversité. La poussière dégagée en grande quantité,

lors de l'exploitation des carrières, et aussi celle dégagée lors des procédés de fabrication de ciment, serait transportée par le vent et déposée sur les parties aériennes des plantes, ce qui obstrue les stomates foliaires, et bloque les échanges gazeux. La plante finit par se nécroser puis se dessécher. Ce phénomène est visible à proximité de toutes les cimenteries tunisiennes. Il touche la végétation cultivée et la végétation spontanée.

Pour illustrer réellement ce phénomène, la figure ci-dessous montre l'ampleur de l'effet des rejets de poussière à partir de la cimenterie de Gabès, où, en dépit de la rusticité de l'olivier et sa grande résistance à la pollution et la sècheresse, il a succombé face aux grandes quantités de poussière dégagées par la cimenterie de Gabès.

Figure 51 : Effets de la poussière émise par la cimenterie de Gabès sur les cultures environnantes. Au fond de la photo, on observe la cimenterie, située à une distance de 200 à 300 m.

En ce qui concerne la végétation naturelle, le même phénomène, observé sur la végétation cultivée, est visible au niveau de la végétation naturelle. Les espèces végétales herbacées et ligneuses étant plus vulnérables que les espèces cultivées comme l'olivier, elles sont plus endommagées par le dégagement des poussières. Les feuilles de ces espèces, ayant une taille plus réduite et étant morphologiquement plus sensibles, ont des stomates facilement obstrués par la poussière. Les feuilles se dessèchent rapidement et chutent, ce qui finira par la mort rapide de la plante et sa disparition. La disparition de la végétation naturelle impacte à son tour la faune sauvage, qui, en l'absence de nourriture est obligée de migrer vers des zones plus favorables, sans oublier les impacts directs qu'elle subira par les effets des phases d'exploitation (en particulier la poussière).

3.2.3. LES BRIQUETERIES ET LES PLÂTRERIES

3.2.3.1. Description du secteur des briqueteries et plâtreries

Comme pour les cimenteries, le secteur des briqueteries est également développé en Tunisie.

En effet, on compte actuellement plus de 150 unités de production de briques, pour une capacité de production annuelle dépassant 12 000 000 de tonnes. Cependant, cette capacité est exploitée à 75 % environ, soit une production moyenne annuelle de l'ordre de 9 000 000 de tonnes. Un total de 96 % de la production est assurée par des unités industrielles, avec des procédés modernes, et 2,5 % de la production est assurée par des unités semi-industrielles disposant de séchoirs à chambre et de fours à feu mobile et ayant une capacité unitaire de production comprise entre 15 000 et 50 000 tonnes

par an, et enfin 1,5 % de la production est assurée par des unités artisanales caractérisées par une technologie rudimentaire et disposant de fours à feu mobile. La matière première naturelle de la brique de terre cuite est l'argile. Il faut entendre 'argile' au sens large et considérer également les terres limoneuses et schisteuses, matières premières de même composition minéralogique que l'argile.

La mobilisation de la quantité d'argile nécessaire à la fabrication annuelle de 9 000 000 de tonnes de briques est incontestablement accompagnée d'une profonde perturbation de la biodiversité. Il se produit une destruction des habitats au niveau des sites qui abritent ces gisements d'argile. En outre, les procédés de fabrication de briques dégagent d'importantes quantités de poussières, dont les impacts sur la faune et la flore sont très dangereux.

Identiquement à d'autres produits des industries d'extraction, le gypse est un produit de grande nécessité en Tunisie. Son extraction est aussi faite à partir de gisements. Les régions du nord, du centre, du sud-ouest et du sud-est du pays sont connues pour leurs réserves riches en gypse à l'état pur. Les sites de «Jebbès» à Zaghouan, «Sidi Salah» au Kef et «Jebel Houfia» à Kairouan sont exploités pour extraire le gypse et l'ajouter comme matière première dans la fabrication du ciment. Au centre du pays, le gypse est disponible dans les zones de Meknassy-Mezzouna (Figure 52), Kef Ennssour, Jebel Jebs, Mehari et à Kef Abdallah où il est exploité pour la fabrication du plâtre.

Figure 52 : Affleurement du gypse (substrat de couleur blanche) dans la zone de Jbel Gouleb, région de Meknassy

Au sud-ouest, dans la région de Gafsa, le gypse existe, notamment à Om El Khacheb, Métlaoui et Kef Eddour. Actuellement, trois concessions d'exploitation ont été accordées, ce qui renforce la production de ce produit. L'industrie de plâtre est également développée en Tunisie, en raison de la richesse du sol tunisien en gypse. Ce produit est surtout abondant en Tunisie méridionale, où la ligne Tatouine-Gafsa, constitue la région la plus riche en gypse. En effet, c'est à Tataouine que se trouvent les plus grosses réserves de gypse dans le pays. De ce fait, la Tunisie possède les ***quatrièmes réserves mondiales pour ce minéral***. Utilisé dans le bâtiment, le gypse est à l'heure actuelle de plus en plus demandé sur le marché mondial. La production tunisienne sert à concurrence de 50 % pour la production du ciment et pour 50 % pour la fabrication de plâtre. Selon la GIZ (2020), la Tunisie détient le quatrième plus grand gisement de gypse au monde en termes de quantité et le deuxième en termes de qualité.

Figure 53 : Exploitation du gypse à Tataouine (Photo Webdo, 2018)

3.2.3.2. Impact des briqueteries et plâtreries sur la biodiversité

Au niveau écologique, l'exploitation du gypse est très contraignante pour l'environnement et la biodiversité. En effet, tel qu'on peut le voir sur la photo ci-dessus, l'exploitation de ce produit est accompagnée d'un important dégagement de poussière, qui peut atteindre des endroits éloignés de plusieurs kilomètres par rapport au gisement. Ceci est dû à la fine taille des particules, très facilement transportable par le vent. De même, l'utilisation d'explosifs lors de l'exploitation constitue un danger potentiel pour toutes les espèces de faune.

En effet, sur les milieux gypseux, se développe couramment la végétation gypsophile. Parmi les espèces gypsophiles de grand intérêt écologique, on cite *Anarrhinum brevifolium*, qui est une ***espèce endémique***, très rare en Tunisie (Figure 54). Cette espèce, présente sur tous les substrats gypseux, serait éliminée dans les endroits où des gisements de gypse sont exploités.

Ceci constitue donc un impact de cette industrie extractive sur cette espèce endémique.

En outre, la figure ci-dessus, relative à l'exploitation du gypse dans la région de Tataouine, montre que ce paysage constitue le site idéal de l'*Outarde houbara*, espèce d'oiseau protégée, et présente dans très peu d'endroits du sud du pays. Cette espèce, très rare et menacée d'extinction, est incontestablement affectée par l'industrie d'extraction du gypse dans la région de Tataouine, notamment perturbée par l'usage d'explosifs dans les gisements de gypse.

Figure 54 : Peuplement d'*Anarrhinum brevifoluim*, espèce endémique se développant sur des substrats gypseux du sud du pays

3.2.4. LES MINERAIS DE PHOSPHATE

3.2.4.1. IMPORTANCE DU SECTEUR PHOSPHATIER EN TUNISIE

L'exploitation minière industrielle en Tunisie remonte à plus d'un siècle. Cette exploitation a toujours constitué un pilier de l'économie tunisienne et une source importante de devises pour le pays.

Selon l'ONM (2020), le tableau ci-dessous illustre les principaux produits miniers jusqu'ici extraits en Tunisie, ainsi que les années d'exploitation et les sites de localisation. D'après ce tableau, plus de 450 millions de tonnes de minerais ont été extraits du sous-sol tunisien. Cette quantité résulte de l'exploitation de plusieurs milliers de km^2 de gisements et de massifs montagneux. Des espèces animales et végétales ont été éradiquées suite à cette exploitation ancienne, et probablement avec des moyens qui ne respectaient pas la nature et l'environnement. Le secteur du phosphate occupe plus de 70 % de cette production minière.

Tableau 14 : Principaux produits miniers jusqu'ici extraits en Tunisie, ainsi que les années d'exploitation et les sites de localisation (ONM, 2020)

BILAN D'UN SIECLE D'EXPLOITATION MINIERE INDUSTRIELLE EN TUNISIE		PRINCIPAUX GISEMENTS
	▪ 324 MT Phosphate ▪ 55 MT Minerai Fe ▪ 2,3 MT Minerai Pb ▪ 2 MT Minerai Zn ▪ 25 MT Sel Marin ▪ 1,5 MT Spath Fluor & Barytine ▪ 17 MT TSP ▪ 16 MT Acide Phosphorique ▪ 11MT DAP	▪ Bou Grine: 10 Millions de tonnes à 10% Zn/Pb. ▪ Fej Lahdoum: 5 Millions de tonnes à 12% Zn/Pb. ▪ Bou Jabeur: 8 Millions de tonnes de Barytine avec Pb, Zn et Fluorine. ▪ Jebel Hallouf-Sidi Bou Aouane: 4 Millions de tonnes à 11-13% Zn/Pb. ▪ Zriba: 10 Millions de tonnes de Fluorine avec Barytine Zn/Pb.

Les phosphates constituent la principale richesse minière de la Tunisie (Brahmi et Zouari, 2013). La production annuelle était d'environ 8 500 000 tonnes (en 2009), mais a considérablement chuté ces dernières années suite aux multiples mouvements de protestation sociale. Une grande partie de ce minerai (75 à 80 % de la production annuelle) est transformée en acide phosphorique et en engrais chimiques divers dans les usines locales du Groupe Chimique Tunisien (GCT). Les principaux gisements de phosphates sont répartis en 3 bassins. Ces trois bassins représentent l'un des ensembles phosphatés les plus importants au monde :

- Le bassin phosphaté du nord (Srâa El - Ouertane et Kalaâ-Khasba),
- Le bassin phosphaté du centre (Chérahil, Maknassy),
- Le bassin phosphaté du sud (Gafsa).

Actuellement, la CPG exploite huit mines à ciel ouvert, situées dans les délégations de Redeyef, Moularès, Metlaoui et Mdhila, et onze laveries destinées au traitement du minerai.

Avec une expérience centenaire dans l'exploitation et la commercialisation des phosphates tunisiens, la CPG figure parmi les plus gros producteurs de phosphate dans le monde : elle occupe le cinquième rang à l'échelle mondiale avec une production excédant huit millions de tonnes de phosphate marchand (année 2009). Des mines voient successivement le jour à : Metlaoui (1899), Kalâat Khasba et Redeyef (1903), Moularès (1904), Shib et M'rata (1970).

Des carrières sont également ouvertes à : Moularès (1975), Kef Shfaier (1978), Oum Lakhcheb (1980), Oued El Khasfa et Kef Eddour (1986), Redeyef (1989) et Jellabia (1991), et Meknassy (2017).

Cependant, les gisements les plus importants sont ceux découverts dans la région de Gafsa, et plus précisément autour des villes de Redeyef, Moulares, Metlaoui et Mdhilla. Cet ensemble constitue aujourd'hui le bassin minier de Gafsa (Figure 55), l'un des plus importants bassins de production de phosphate dans le monde.

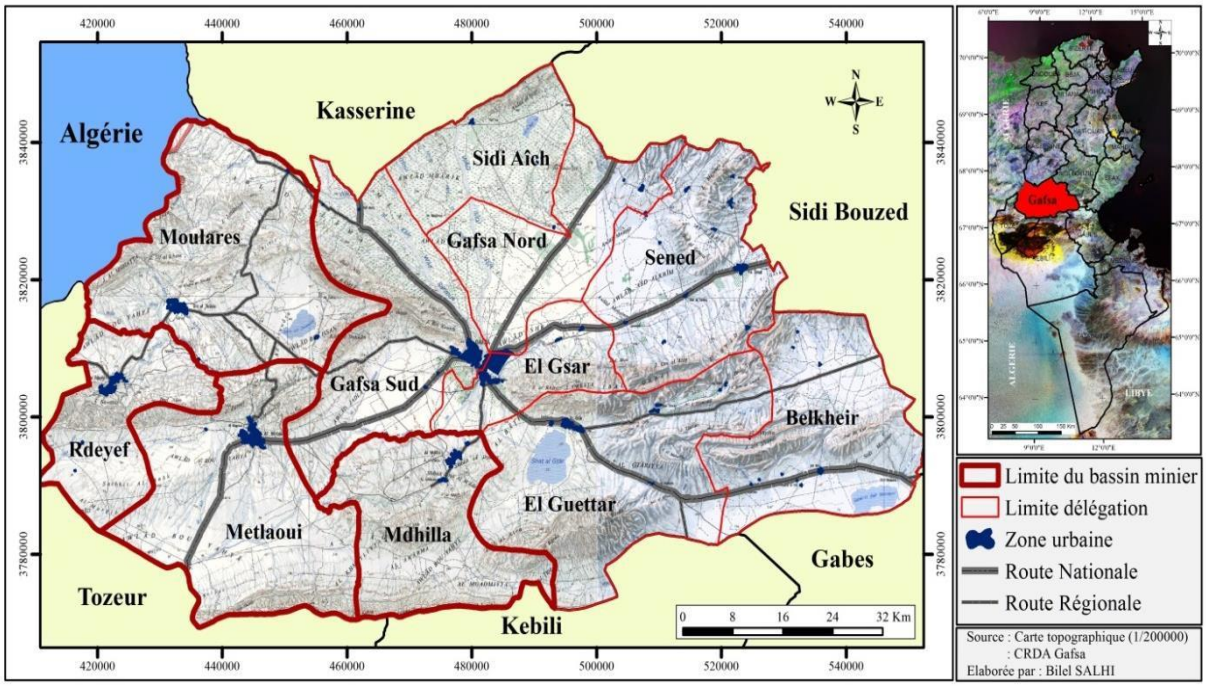


Figure 55 : Localisation et limites du bassin minier de Gafsa
Source : Carte topographique (1/200. 000) et CRDA, 2014 (in Salhi, 2017)

La découverte des phosphates dans la région fut le point de départ d'importantes mutations socioéconomiques et culturelles, qui se sont soldées par la mise en place d'activités extractives et industrielles comme principal pilier économique, ainsi que par un changement du mode de vie de la population locale, en abandonnant l'activité agricole au profit du statut d'ouvrier minier.

Depuis, le phosphate est extrait par la Société qui fut ensuite créée, et dénommée Compagnie de Phosphate de Gafsa (CPG) dans des gisements sédimentaires d'origine marine. Leur origine géologique remonte à environ 50 millions d'années. Leur formation s'est faite sur des dépôts sédimentaires formés en milieu marin peu profond. Les gisements en exploitation sont le résultat d'un processus géologique naturel et progressif impliquant la précipitation biologique et la sédimentation de phosphate avec des restes fossilisés sur fond marin. L'exploitation du phosphate s'est donc poursuivie sans interruption sous forme d'exploitation souterraine. Celle-ci, réalisée avec des moyens parfois assez rudimentaires, a été émaillée de multiples accidents faisant souvent des victimes ; le dernier accident s'est produit dans la mine de Redeyef en 2001. À partir de cette période, la CPG s'est orientée vers l'exploitation à ciel ouvert, avec l'emploi courant d'explosif

L'année 2010 a été caractérisée par le pic de production de phosphate marchand qui a atteint 13 227 millions de tonnes (ministère du Développement, de l'Investissement et de la Coopération Internationale, Gouvernorat de Gafsa, 2015). Cependant, à partir de 2011, on assiste à une chute de la production du phosphate marchand, conséquence du déclenchement des mouvements de protestation sociale de la révolution du 17 décembre au 14 janvier, où, selon les rapports annuels de la CPG, la production a chuté jusqu'à 2 281 millions de tonnes en 2011.

En 2016, la situation est toujours similaire quant à la production du phosphate marchand, qui connait un état de blocage total sur les deux mines de Redeyef et Moulares durant les mois de juillet et août. Metlaoui rejoint aussi les mouvements de protestation et on assiste là encore à un blocage total de la production. Le dysfonctionnement des activités de production de la compagnie des phosphates de Gafsa durant la période postrévolutionnaire (2011-2016) s'est traduit par un grand recul de son chiffre d'affaires, dont les pertes sont estimées à 5 millions de dinars durant cette période.

Au niveau de l'effort d'emploi, la CPG emploie aujourd'hui un important effectif d'ouvriers. Cet effectif a explosé après les événements de 2011, notamment suite à la création des '' Sociétés de

Protection de l'Environnement et de Plantation (SEP) '' et '' Société Tunisienne de Transport des Produits Miniers (STTPM) '', qui sont financièrement sous la tutelle de la Compagnie des Phosphates de Gafsa.

En ce qui concerne les Sociétés de Protection de l'Environnement et de Plantation, les effectifs ouvriers se montaient à 5 439 en 2015 sur toutes les délégations du bassin minier à savoir Metlaoui, Moularès, Mdhilla et Redeyef. Pour ce qui est de la Société Tunisienne de Transport des Produits Miniers, son effectif était de 1 600 en 2015. Au total, le nombre d'emplois au sein de la CPG est estimé à 13 721, tel qu'on voit sur le tableau ci-dessous :

Tableau 15 : Effectifs d'employés dans les deux sociétés nouvellement créées (CPG, 2016)

Société/ Employeur	Compagnie des Phosphates de Gafsa	Société de Protection de l'Environnement et de Plantation	Société Tunisienne de Transport des Produits Miniers	Total
Nombre d'emplois existants en 2015	6 682	5 439	1 600	13 721

En complément du secteur phosphatier dominant, le secteur agricole est maintenu en activité, notamment au niveau de la ville de Gafsa, grâce à des sols favorables aux cultures et aux ressources hydriques. Selon les rapports du Commissariat régional de développement agricole de Gafsa (CRDA), les estimations des ressources naturelles hydriques sont estimées à 210,8 millions de m³ répartis en environ 128,4 millions de m³ d'eau souterraine, environ 80 millions de m³ d'eaux de ruissellement et environ 2,4 millions de m³ d'eaux usées. Ces ressources naturelles en eaux disponibles dans la région de Gafsa, et notamment dans le bassin minier, sont considérées comme suffisantes pour maintenir l'activité agricole et assurer son développement comme alternative économique, susceptible d'être complémentaire avec celle de la Compagnie des phosphates de Gafsa, jusqu'ici dominante dans la région.

3.2.4.2. IMPACT DES ACTIVITÉS D'EXTRACTION DU PHOSPHATE SUR LA BIODIVERSITÉ

3.2.4.2.1. Situation générale et impacts

Signalons que la majorité des gisements d'extraction et de traitement des phosphates sont localisés à proximité des centres des villes du bassin minier, telles que Métlaoui, Moularès et Redeyef. En effet, dans un objectif de facilitation de l'accès des ouvriers aux mines, la CPG a constamment essayé de créer des centres résidentiels à proximité des gisements. En outre, avec la découverte des phosphates, la Compagnie des Phosphates de Gafsa a opté pour une politique consistant à implanter les quartiers résidentiels à proximité des lieux d'extraction de phosphate afin de faciliter l'accès aux sites. On a assisté plus tard à l'amplification de ce phénomène à mesure que d'autres populations ont rejoint la compagnie en tant qu'ouvriers. Avec le développement des activités de la Compagnie des Phosphates de Gafsa, les sites d'extraction et de traitement sont implantés également au centre de villes minières telles que le cas de Redeyef et Moulares. De plus, la localisation des sites de production de la Compagnie des Phosphates de Gafsa au centre des villes minières a contribué à leur dégradation urbaine et esthétique, ainsi qu'à une altération paysagère et une dégradation environnementale. Donc, en dépit de son importance socio-économique, le secteur des phosphates demeure une source de plusieurs problèmes environnementaux, engendrant des impacts parfois irréversibles. Ainsi, comme pour les autres carrières, les gisements phosphatés sont situés sur les milieux montagneux, censés être les habitats préférés des espèces de la faune et de la flore. Les principaux impacts émanant de ce secteur sont multiples. Dans les paragraphes qui suivent, on présentera les principaux impacts de ce secteur sur l'environnement biologique dans la région du bassin minier.

3.2.4.2.2. Problèmes de sécurité

Il est connu que la majorité des sites de la Compagnie des Phosphates de Gafsa implantés au sein des villes minières sont de gigantesques chantiers. Des centaines de milliers de tonnes de phosphates y sont stockées sans mesures de sécurité suffisantes. Durant plusieurs années, les laveries y ont déversé leurs eaux. Les infrastructures de transport, les voies de chemins de fer, les infrastructures pour les camions affectent le quotidien des populations locales. En outre, les chantiers gigantesques de la CPG sont des lieux de passage pour la population, afin de pouvoir accéder au centre-ville, alors que les mesures de protection ou d'isolation de ces chantiers sont quasi-inexistantes. Cette situation a occasionné plusieurs accidents sur les chantiers, dont les victimes étaient généralement des enfants et des adolescents. Plusieurs jeunes ont accidentellement péri dans les laveries de phosphate, dont l'accès n'est pas sécurisé.

3.2.4.2.3. Pollution atmosphérique

Durant les activités d'extraction des phosphates, un dégagement important de poussière se produit. Ce phénomène s'est aggravé durant les années 2000 avec le changement de la technique d'extraction souterraine à l'extraction à ciel ouvert (Figure 56), à travers le recours à la dynamite. La poussière dégagée est constituée de fines particules, rejetées dans l'air durant les processus de concassage des grandes particules et de séchage du phosphate lavé. Ces particules sont transportées par le vent sur de grandes distances, ce qui affecte les infrastructures d'équipement et agricole.

Figure 56 : Procédé d'extraction du phosphate par la CPG avec la méthode à ciel ouvert, véritable source de dégagement de poussières (CPG in Photo Salhi, 2017)

De même, les zones les plus affectées par l'émission de poussières sont en premier les zones urbaines, du fait qu'elles sont installées à proximité des anciennes zones d'extraction des phosphates ainsi que des zones de stockage et de séchage. Les conséquences de l'émission des poussières sur la santé se manifestent essentiellement par des difficultés respiratoires ainsi que par l'émergence de maladies de peau suite à l'inhalation et l'absorption par voie cutanée de ces poussières.

Une étude réalisée par l'association ''SOS Mdhilla'' sur la qualité de l'air dans la région de Mdhilla a montré que la présence de la poussière dans l'air peut atteindre 360 microgrammes par m³ d'air, ce qui est supérieur de 30 % au taux national, estimé à 260 microgrammes par m³ d'air. Il est à noter que la situation de pollution atmosphérique à Mdhilla est généralement similaire aux autres villes minières, à l'exception de la ville de Métlaoui où le processus d'extraction et de traitement des phosphates est le plus important.

En ce qui concerne l'effet de la poussière sur la biodiversité, l'émission des fines particules et leur dépôt sur les plantes provoque l'obstruction des stomates, ce qui empêche les échanges gazeux entre

la plante et son environnement extérieur. Ce phénomène conduit à la nécrose puis au desséchement de la plante. Pour la faune, l'inhalation de la poussière par la faune sauvage, et aussi la faune domestique, engendre de sérieux problèmes respiratoires, conduisant le plus souvent à la mort de l'animal.

3.2.4.2.4. Bruit et vibrations

Le processus d'extraction (usage d'explosifs) et de traitement des phosphates (bruit des laveries) est assuré par l'utilisation de lourds engins et machines. Ceci engendre une pollution sonore, surtout que les sites d'extraction et de traitement sont situés à proximité des quartiers résidentiels. Cette pollution est constante eu égard au régime de fonctionnement des installations de la CPG qui est basé sur un système de travail en rotation de trois 8, soit un rythme de travail journalier continu. Parallèlement, l'extraction des phosphates à ciel ouvert est majoritairement assurée grâce à la technique d'abattage par explosion. Ceci constitue une source additionnelle de pollution par le bruit, affectant la stabilité des installations et des constructions urbaines, de sorte que des fissures sont apparues au sein de toutes les maisons des villes du bassin minier. D'ailleurs, au cours de l'année 2016, un mouvement de contestation a émergé au sein de la population de la ville de Redeyef sur la question de l'abattage par explosion, fustigeant l'exagération des quantités de dynamite utilisées par la Compagnie des Phosphates de Gafsa. Par ailleurs, le recours à la technique d'abattage par explosion fut un facteur responsable de l'émergence de nouveaux types d'accidents jusqu'ici inconnus dans la région du bassin minier. À titre d'exemple, selon l'Organisation Non Gouvernementale Thimar (2017), en 2005, on a assisté dans la ville de Redeyef à l'effondrement d'une partie de la mine souterraine Z-6 qui traverse pratiquement toute la ville, ce qui a engendré la chute de quelques maisons situées aux alentours de cette mine. Les pouvoirs publics ont obligé ces familles à déménager vers d'autres zones sans que la Compagnie des Phosphates de Gafsa ne les indemnise en dépit de sa responsabilité directe dans cet incident.

De plus, on note que le recours à la technique d'abattage par explosion a engendré des changements au niveau de la géographie de la région et notamment des paysages montagneux. Les montagnes commencent à disparaitre suite à l'intensification des activités extractives des phosphates. De plus, la technique de l'abattage par explosion a provoqué de gigantesques fissures en profondeur dans les montagnes, qui deviennent avec le temps des lieux de stockage de quantités d'eau importantes, issues des précipitations. Ce phénomène a été à l'origine des fameuses inondations qu'a connu la ville de Redeyef, le 13 septembre 2009, à la suite de pluies battantes, qui avaient provoqué l'explosion des réserves en eau existantes au sein des fissures des montagnes environnantes (Thimar, 2017). Le bilan à l'époque fut de 21 morts, auxquels s'ajoute la destruction totale de l'infrastructure de la ville, ainsi que des centaines de familles sans abri.

Au niveau de la biodiversité, ce phénomène constitue une véritable destruction et fragmentation des paysages et des habitats, dont l'impact sur la faune et la flore est catastrophique. L'abattage à l'explosif occasionne la fuite totale de la faune, notamment des mammifères.

3.2.4.2.5. Consommation des ressources hydriques

Le climat aride et saharien caractérisant le bassin minier de Gafsa impacte les ressources hydriques dans cette région. Le diagnostic de l'état des ressources hydriques dans cette région du bassin minier doit impérativement prendre en considération les besoins en eau pour le fonctionnement de la Compagnie des Phosphates de Gafsa, qui demeure le principal consommateur de cette ressource dans le processus d'extraction et de traitement des phosphates. Le recours de la CPG à l'exploitation des ressources hydriques s'explique par le changement des modes d'extraction et de traitement des phosphates exportés. En effet, de l'exportation de phosphates bruts (après les opérations de séchage naturel), on est passé à l'exportation de phosphates lavés et traités, vers la fin des années 1970. Ceci a permis de renforcer la compétitivité de l'industrie du phosphate tunisien sur l'échiquier international. Pour ce faire, les besoins en eau de la CPG furent estimés à 18,5 millions de m³ d'eau par année. Ces besoins équivalent à une consommation de 580 litres par seconde en moyenne, ce

qui est très excessif. D'ailleurs, durant l'année 2008, la quantité d'eau utilisée par la CPG était équivalente au double de la quantité d'eau potable consommée par tout le Gouvernorat de Gafsa, qui est estimée à 8,6 millions de m³ (Thimar, 2017). Ceci laisse imaginer la quantité d'eau consommée depuis la mise en place du procédé de lavage durant les années 1970.

D'après les rapports de la CPG, le traitement et le lavage d'une tonne de phosphate nécessite en moyenne 5 tonnes d'eau dont 1,2 tonne est perdue et rejetée dans la nature sous forme de boues contenant des grains fins d'argile dont il faut se débarrasser. Ceci constitue un sérieux problème de gaspillage d'eau, accompagné surtout d'une dégradation environnementale certaine due aux boues rejetées dans l'environnement.

3.2.4.2.6. Boues de lavage

Le passage de la CPG du procédé de séchage naturel du phosphate au procédé de traitement par la technique du lavage a été à l'origine de la production d'une grande quantité de déchets sous la forme de boues. Ces dernières ont toujours été rejetées dans la nature. À titre d'exemple, selon Salhi (2017), la quantité de boue rejetée dans le lit d'écoulement de l'oued Meleh à Métlaoui est passée de 438 531 tonnes en 1979 à 753 930 tonnes en 2000. Au total, on estime que la quantité globale de boues rejetées dans l'oued Maleh entre 1979 et 2000 est de 14 121 347 tonnes. Enfin, les dégâts environnementaux engendrés par le rejet arbitraire des boues de phosphates ne se sont pas limités à la région du bassin minier de Gafsa. Elles se sont étendues jusqu'à l'oued de Gouifla, située au sein du Gouvernorat de Tozeur. L'importance des quantités de boues rejetées dans la nature (Figure 57) suppose d'une part l'immense quantité d'eau de lavage utilisée par la CPG, et d'autre part la profonde détérioration de l'environnement. Au niveau de tout le bassin minier de Gafsa, Salhi (2017) estime que la quantité de boue rejetée est d'environ 12 millions de m^3 chaque année. De plus, cet auteur signale que durant le processus de lavage des phosphates destiné à séparer le phosphate des boues, certains produits chimiques sont utilisés, par exemple le Sylfat-FA1, AERO+727 Promoteur, Super Floculant-A, V-5181, VPF-210418 et le Flotignan. Ces produits sont hautement toxiques pour l'homme et l'environnement, le plus catastrophique étant le Super Floculant.

Figure 57 : Rejets des laveries de Métlaoui, déversés et gravitant jusqu'à Gouifla (Gouvernorat de Tozeur)

Une fois rejetées dans l'environnement, ces boues riches en produits chimiques provoquent 'des dérèglements écologiques affectant la biodiversité. En effet, l'impact des rejets des laveries de la CPG sur l'environnement a été réalisée par différentes équipes (Mhemdi, 1999 ; Ounis, 2002 ; Chokri & al,2006 ; Galfati, 2010 ; Galfati & al, 2011 et Galfati et al, 2014). Toutes ces études s'accordent sur

l'importante teneur de ces rejets en produits chimiques très hautement toxiques pour l'environnement, notamment au niveau du sol et de la nappe. En ce qui concerne leurs effets sur la biodiversité, les études de Chokri & al (2006) et Galfati & al (2011) ont porté sur la réponse de la végétation naturelle à ces mêmes rejets, en ayant étudié la teneur de certaines espèces végétales dominantes dans le bassin minier de Gafsa. Ces espèces végétales sont les suivantes : *Atriplex halimus, Atriplex inflata, Malva aegyptiaca, Tamarix aphyla, Peganum harmala, Taraganum nudatum, Salicornia arabica* et *Zygophyllum album*.

Les principaux résultats de leurs études montrent des teneurs anormalement élevées des organes (racines, tiges, feuilles) des plantes étudiées en métaux lourds, à savoir : le Zinc, le Chrome, le Nickel, le Cuivre, et le Cadmium.

Figure 58 : Rejets des laveries de phosphate en milieu urbain (Zone de Métlaoui), provoquant la pollution de toutes les composantes de l'environnement (Salhi, 2017)

Comme pour le milieu urbain, les rejets des laveries touchent même le milieu naturel, notamment les lits d'écoulement des oueds dans le bassin minier de Gafsa. Ainsi, les gorges de Thelja, classées comme réserves naturelles dans le bassin minier, sont hélas touchées par la pollution avec les rejets des laveries (Figure 59). La faune, la flore, le sol, la pédofaune, les nappes hydriques seront tous gravement affectés par ces rejets très hautement polluants, mettant en péril la réserve naturelle des gorges de Thelja.

Figure 59 : Pollution par les rejets des laveries des gorges de Thelja (Salhi, 2017)

Les boues rejetées en pleine nature sont très polluantes, ce qui engendre de sérieux dégâts sur l'écosystème de la région. Les sols deviennent de plus en plus imperméable. La qualité de l'eau des nappes souterraines est aussi profondément affectée par la percolation en profondeur des rejets. En outre, le rejet de ces eaux dans les lits d'écoulement, provoque l'intoxication de la faunedomestique et sauvage. Au niveau floristique, la végétation existante dans le lit d'écoulement de l'oued Melah au niveau de Gouifla a été entièrement modifiée. Tout le cortège floristique de l'oued a disparu et a été remplacé par un important peuplement dense à base d'une espèce phosphaticole et phytoaccumulatrice, d'*Arundo donax *(canne de Provence).

Afin de minimiser les effets de ces rejets sur l'environnement, la CPG a dernièrement opté pour la technique des digues à boues, qui sont de grands bassins de récupération des boues rejetées à l'issue du lavage de phosphate. En outre, la récupération de ces boues permettra aussi de récupérer les eaux de lavage et de les recycler par la suite. Cependant, cette technique a aussi des inconvénients comme par exemple la contamination des nappes souterraines d'eau, la faible efficacité et la faisabilité du recyclage et de la réutilisation des eaux boueuses et enfin l'effet négatif sur la situation foncière des terres consacrées à ces digues.

Parallèlement, à partir du mouvement populaire de 2008, au sein du bassin minier, il y a eu l'initiative de création des Sociétés de Protection de l'Environnement et de Plantation (SPEP), dont le rôle est de reboiser les zones polluées à partir des industries d'extraction. L'efficacité de ces Sociétés est jusqu'ici loin d'être prouvée, dans la mesure où l'effet de la pollution chimique est souvent irréversible, une fois que les contaminants sont répandus dans la nature. Seule la mise en place d'un programme efficace de dépollution et aussi de protection de l'environnement pourra atténuer les risques de cette industrie extractive sur la nature et la biodiversité.

3.3. INDUSTRIES TEXTILES

3.3.1. INTRODUCTION

L'industrie du textile occupe la deuxième place du podium des industries polluantes après le pétrole. Dans le monde, ce secteur génère environ 1,7 milliards de tonnes de CO_2 par an, soit plus de CO_2 émis que les transports maritimes et aériens réunis. Ce taux constitue aussi environ 2 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES). D'autre part, au niveau des ressources naturelles, ce secteur est consommateur d'une importante quantité d'eau dans le monde, après le riz et le blé. L'eau est dans ce cas consommée dans de nombreuses étapes de fabrication des vêtements, soit depuis l'élevage et les cultures (notamment celle du coton très consommatrice en eau), jusqu'à la filature, la teinture et le traitement, mais également pour l'entretien du vêtement déjà acheté, où environ 12 % de la consommation d'eau d'un vêtement est réalisée post-achat. Un taux de 4 % de l'eau potable disponible dans le monde est utilisée pour fabriquer des vêtements. On estime que 2 720 litres d'eau douce sont nécessaires pour produire un T-shirt en coton de 250 grammes, et une quantité d'environ 7 500 litres d'eau sont utilisées pour produire un jean, soit la quantité d'eau bue par un être humain durant 7 ans, ou encore l'équivalent de 285 douches. D'autre part, on estime que 63 % des fibres utilisées dans le monde sont issues de la chimie. Ces fibres sont majoritairement synthétiques, tels que le polyester, le nylon et l'élasthanne ; elles sont toutes produites à partir du pétrole, ou à base de bois transformé chimiquement comme le bambou, la viscose ou le tencel.

À l'échelle du monde, la production de fibres synthétiques est à l'origine de 40 millions de tonnes de CO_2, qui sont dégagés dans l'atmosphère, contribuant ainsi aux phénomènes de changements climatiques. D'ailleurs, dans le monde, le ¼ de la production mondiale de fibres provient de la culture du coton. Cela n'est pas sans conséquences sur l'environnement, puisque la culture du coton exige à la fois d'importantes quantités d'eau, ainsi qu'une importante quantité de produits pesticides. En outre, l'industrie textile, à travers sa culture du coton, utilise également beaucoup d'engrais : 4 % des fertilisants à l'azote et au phosphore dans le monde.

En ce qui concerne l'empreinte écologique des principales fibres textiles, il faut signaler que chaque matière textile aurait un impact différent selon sa composition. Ainsi, le nylon et le polyester, sont deux produits synthétiques hautement toxiques. Ces matières synthétiques élaborées à base de produits pétrochimiques ont un lourd impact écologique, notamment à cause de leur non-biodégradabilité. Les filets en nylon des pêcheurs peuvent rester intacts durant presque 40 ans, mettant en danger toute la vie marine, notamment celle des tortues marines, qui les mangent par confusion avec des méduses, ce qui provoque leur asphyxie. De même, le nylon industriel dégage de l'oxyde nitreux, un gaz à effet de serre 130 fois plus puissant que le dioxyde de carbone. En ce qui concerne le polyester, sa fabrication demande de grandes quantités d'eau et d'autres substances chimiques potentiellement nocives pour l'écologie. Ces deux fibres synthétiques sont gourmandes en énergie et dégagent des gaz toxiques tout au long de leur processus de fabrication.

En ce qui concerne la pollution hydrique, l'industrie textile est responsable de 20 % de la pollution des eaux mondiales. Ainsi, de nombreux intervenants entrant dans la fabrication des vêtements jouent un rôle non négligeable dans la pollution des eaux. On cite les pesticides et les insecticides pour les cultures du coton, les solvants chlorés et les pigments pour les teintureries. Ces produits chimiques, aujourd'hui utilisés massivement dans l'industrie de la mode, ont un impact nocif sur l'environnement (mais également sur les êtres humains). Il s'agit de substances toxiques qui sont rejetées dans les eaux usées vers les nappes phréatiques ou les rivières, nuisant ainsi à la biodiversité, notamment à la faune et à la flore. D'autre part, dans le monde, chaque année 500 000 tonnes de microplastiques sont relâchées dans l'océan, à cause de l'entretien des vêtements synthétiques. Cette quantité est monumentale, elle représente environ 50 milliards de bouteilles plastiques. Ces microparticules de plastique ne sont pas dégradées dans les stations d'épuration et sont rejetées dans les océans. Il s'agit de la principale source de pollution des océans devant les sacs plastiques.

En ce qui concerne le rejet des déchets solides, on estime qu'environ 2,1 milliards de tonnes de déchets textiles sont produits dans le monde. Ces déchets seront une source de pollution considérable, soit une fois jetés dans la nature, soit également une fois incinérés, libérant d'importantes quantités de CO_2.

Figure 60 : Récolte de coton en Afrique du sud du Sahara (CIFOR / flickr.com)

Durant l'année 2012, l'ONG internationale Greenpeace publia un rapport accablant à ce sujet et a mené une grosse campagne de sensibilisation pour dénoncer et lutter contre l'utilisation des produits toxiques par l'industrie textile. Un défi que certaines marques (80 marques et entreprises selon Greenpeace) ont relevé en s'engageant à utiliser des produits moins polluants et à ne plus utiliser du tout certaines substances chimiques. On peut citer dans le top 3 **H&M, Zara et Benetton**... qui d'ailleurs sont toutes présentes et actives en Tunisie.

L'une des solutions à cet important impact de pollution est de recourir aux vêtements en fibres naturelles végétales biologiques, comme le coton biologique, le lin, le chanvre, les **fibres naturelles animales** comme la laine, les fibres artificielles et synthétiques comme le Lyocell (produit à partir de bois) et les **matières recyclées** comme le coton recyclé, la laine recyclée, etc.

Figure 61 : Laine vierge et naturelle, utilisée dans la fabrication des fibres textiles (Glen Bledsoe / flickr.com)

En dépit de ces hypothèses pour un textile propre, l'industrie textile demeure l'une des plus polluantes : son impact sur l'environnement est responsable de 17 à 20 % de la pollution de l'eau dans le monde. De plus, une énorme quantité d'eau est consommée lors de la production du textile en commençant par la culture du coton, très gourmande en eau. Les teintures textiles consomment 10 950 000 m^3 d'eau chaque jour. Les produits textiles sont les plus consommés dans le monde. Peu importe l'âge, le pays, le milieu social, chacun a besoin de s'habiller et de se protéger contre les caprices du climat, notamment au niveau de l'hémisphère nord.

3.3.2. IMPORTANCE DU SECTEUR DU TEXTILE EN TUNISIE

Le secteur du textile et de l'habillement demeure la première industrie manufacturière en Tunisie en termes de poste d'emplois, avec globalement 160 000 postes, pour un effectif compris entre 1 600 et 1 800 entreprises implantées en Tunisie (Figure 93). Ce secteur tire profit notamment des avantages de la proximité géographique de la Tunisie avec le marché européen, la qualité de la production et la rapidité de l'exécution de la commande, etc.

En outre, le faible coût de la main d'œuvre, associés aux avantages fiscaux appliqués aux régions intérieures et aux incitations pour faciliter les investissements, ont été à l'origine de la promotion de ce secteur, au sein de l'économie tunisienne. Ceci a laissé ce secteur occuper une place importante au sein du PIB, par comparaison aux autres activités industrielles, et surtout employant environ 35 % des emplois existants dans l'industrie manufacturière.

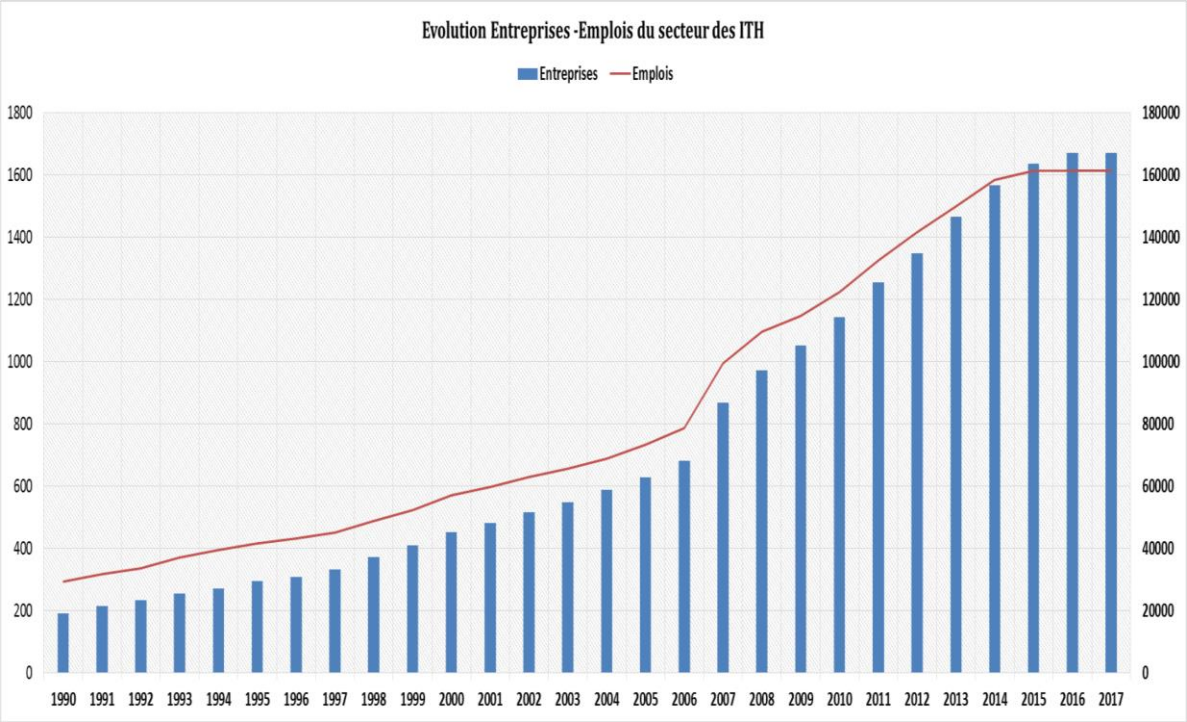


Figure 62 : Effectifs des entreprises textiles et leur capacité d'emploi en Tunisie (API, 2019)

Par ailleurs, à l'issue d'une quarantaine d'années d'existence, ce secteur textile et habillement affiche une nouvelle orientation axée sur la production haut de gamme, ainsi que la confection des vêtements en petites séries. Cela est dû en partie à la concurrence grandissante des pays asiatiques, ainsi qu'à la proximité de l'Europe.

Le développement du secteur textile en Tunisie a permis au pays d'être le sixième fournisseur de l'Europe en produits textiles et habillement. D'ailleurs, en 2012, cette filière a généré un chiffre d'affaires de 3 602 MTND d'importations et 4 916 MTND en exportations, soit une balance commerciale excédentaire au profit des exportations.

Le secteur textile et habillement tunisien est partagé en 6 branches d'activité dont l'industrie de filature, le tissage, le finissage, la bonneterie, la confection chaîne et trame et enfin les industries diverses du secteur. La répartition des entreprises de textile et de l'habillement (ITH) en fonction du nombre d'employés est illustrée dans la figure ci-dessous. En effet, d'après cette figure, on remarque que les entreprises textiles sont nombreuses en Tunisie. Cependant, celles qui emploient entre 20 et 100 personnes sont les plus nombreuses, et représentent entre 900 et 1 000 entreprises. Plus de 400 entreprises emploient 100 personnes et plus.

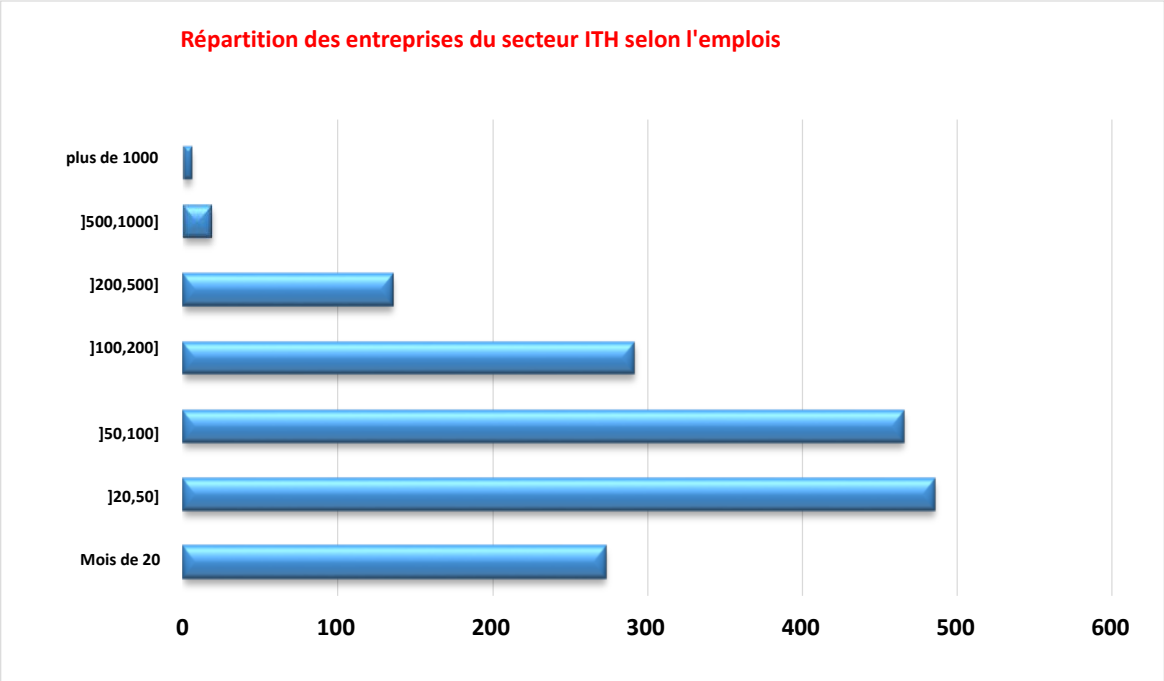


Figure 63 : Répartition des effectifs des entreprises textiles, en fonction du nombre d'employés (API, 2019)

En guise de rappel, le secteur du textile, qui représente un pilier de l'économie tunisienne, participe à hauteur de 20 % au PIB, compte 1 600 entreprises, 160 000 emplois et 2,2 milliards d'euros de chiffre d'affaires à l'export, et exerce en effet une forte pression sur l'environnement. Son impact sera détaillé dans les paragraphes qui suivent.

3.3.3. IMPACTS DE L'INDUSTRIE TEXTILE SUR L'ENVIRONNEMENT

3.3.3.1. Impact du textile pour la santé humaine

L'industrie moderne des fibres textiles est souvent basée sur des substances néfastes pour l'environnement et la santé humaine. Cet effet débute par des perturbateurs endocriniens jusqu'à des problèmes de développement carcinologiques ou problèmes de développement neurologique. Ils sont souvent masqués par la mention « sans repassage » ou « retardateur de flammes ». Dès leur passage au corps humain, ces substances altèrent la mémoire et le comportement, même à petite dose. À cela il importe d'ajouter les métaux lourds qui font briller nos vêtements ou des substances utilisées pour la fabrication de textiles technologiques dont nous ignorons encore les conséquences sur la santé humaine. Toutes ces substances nocives accèdent à l'organisme, à travers la peau, d'autant plus que les employés du textile sont constamment exposés à ces produits chimiques, hautement nocifs à leurs organismes.

3.3.3.2. Impact écologique des produits textiles

Rappelons que l'industrie textile, représentant une grande complexité sur le plan mondial, rend difficile la traçabilité des produits. Les fabricants de textiles doivent s'assurer auprès des fournisseurs de la provenance des produits, privilégier les produits de qualité, et prodiguer des conseils auprès des clients. Le consommateur doit faire attention à la composition du produit, c'est-à-dire aux matières premières et aux procédés de teinture et de finition, tout en optant pour du textile écologique.

Dans un travail précédent, le WWF a tenté d'étudier l'effet de l'industrie textile sur l'environnement. Ainsi, sur la base des données d'Oekom Research, le WWF (2017) a analysé l'engagement écologique de douze marques textiles. Le principal constat est que plus de la moitié des entreprises examinées n'appliquent pratiquement pas de mesures pour contrer les changements climatiques, au moment

où ce secteur contribue significativement aux émissions mondiales de gaz à effet de serre avec 1,7 milliard de tonnes de CO_2 par an. En outre, de nombreuses entreprises utilisent encore trop peu de matières recyclées ou produites de façon durable, tout en consommant trop d'eau et en polluant celle-ci fortement. Quelques rares entreprises font cependant exception en utilisant des instruments scientifiques et en mettant en œuvre des mesures pour une gestion efficace de l'environnement.

D'après cette étude et du rapport qui en a résulté, la vision du WWF est que l'industrie de l'habillement et des textiles contribue à un monde dans lequel l'homme vivra en harmonie avec la nature. Pour réaliser cette vision, le chemin est encore long. Si toutefois le secteur agit de manière ambitieuse, assumant un rôle de leader, le WWF est convaincu que cet objectif pourra être atteint.

3.3.3.3. IMPACT DU SECTEUR DU TEXTILE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA BIODIVERSITÉ EN TUNISIE

Rappelons qu'en Tunisie, les chaînes textiles sont la source d'innombrables pollutions environnementales, telles que l'émission de gaz à effet de serre, l'épuisement des ressources énergétiques et hydriques, l'utilisation de produits chimiques toxiques, la pollution des eaux, du sol et de l'air, une énorme production de déchets pré et post-consommation. Bien que cette industrie soit stratégique pour l'économie tunisienne et soit la première industrie manufacturière en termes d'exportation, d'emploi et de valeur ajoutée, elle exerce une forte pression sur l'environnement et le climat.

En effet, l'industrie textile pèse lourdement sur l'environnement en Tunisie, qui souffre déjà de la rareté des ressources en eau. Cette pression est exercée surtout sur les ressources en eau dans un pays classé en dessous du seuil de pauvreté en eau selon les critères de sécurité hydrique des Nations Unies, et compte tenu de la diminution des précipitations de 28 % au cours des deux dernières décennies sous l'effet des changements climatiques.

Il est à noter que le volume d'eau par habitant est inférieur à 500 mètres cubes par an. Ce volume est censé chuter durant la prochaine décennie pour atteindre moins de 350 mètres cubes par an, notamment en raison de la croissance de la population et des changements climatiques.

Par ailleurs, en Tunisie, la culture du coton, très consommatrice d'eau, est externalisée à d'autres pays. Ainsi, l'empreinte eau (un indicateur de l'usage direct et indirect de l'eau pour produire un produit) pour un kg de coton brut est de 8 500 litres d'eau.

Il est à ce propos recommandé, que les nouveaux investissements dans la fabrication des tissus en Tunisie doivent être dotés d'équipements économes en eau et de technologies permettant la récupération de l'eau utilisée. Il est inéluctable d'intégrer, dans ce genre d'industrie, de nouvelles technologies permettant de récupérer et de traiter le maximum d'eau, et de se conformer aux normes environnementales, auxquelles les clients deviennent de plus en plus attentifs. Ainsi, toute entreprise tunisienne ou étrangère installée en Tunisie doit avoir une responsabilité sociétale envers le citoyen et l'environnement, en pensant aux générations futures. On peut citer, à ce propos, la Société DEMCO, important groupe œuvrant dans le domaine de textile en Tunisie, qui s'est lancé dans un processus d'industrie propre de textile. Des opérations de compensation, comme par exemple le reboisement, sont mises en place, comme mesures compensatoires à leur impact sur l'environnement et la biodiversité.

Le rejet des déchets solides, des effluents et des produits chimiques dans l'environnement affecte la biodiversité dans les sites recevant ces polluants textiles (Figure 95 ci-dessous). En effet, comme l'effectif le plus important d'entreprises textiles est localisé dans la région du Sahel (Gouvernorats de Sousse, de Monastir et de Mahdia), cette région connaît la pollution la plus prononcée par les polluants textiles. Cette pollution est variée avec :

- Pollution par les rejets liquides
- Pollution par les déchets solides
- Consommation et gaspillage d'eau

❖ Pollution atmosphérique.

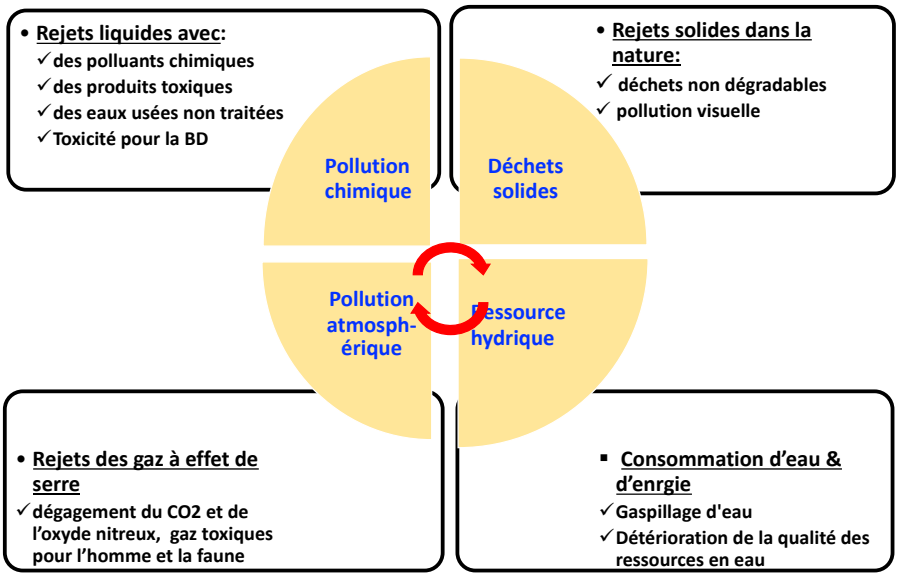


Figure 64 : Différents impacts de l'industrie textile sur l'environnement en Tunisie

Selon Boris Ngounou de l'organisation Afrik21 (2020), la Fédération tunisienne du textile et de l'habillement (FTTH) vient d'organiser un séminaire sur la valorisation et le recyclage des déchets postindustriels dans le domaine du textile. Ce séminaire a permis de lancer le « Med Test III », une initiative qui propose de promouvoir des industries propres au sud de la Méditerranée. Les acteurs du textile tunisien sont animés de volonté pour réduire l'impact environnemental de leur activité. Ainsi, un séminaire sur le thème « promouvoir des chaînes de valeur circulaires pour une industrie textile compétitive et durable », organisé par la Fédération tunisienne du textile et de l'habillement (FTTH), a été conçu pour initier les opérateurs du textile à une approche d'économie verte, où les rejets chimiques des usines sont recyclés ou valorisés.

Parallèlement, la production textile consomme énormément de ressources et génère de nombreux déchets. Selon le WWF, la production mondiale de coton consomme, à elle seule, 25 % des insecticides et 10 % des herbicides, utilisés dans le monde ; la pollution atmosphérique qu'elle génère est estimée à 1,7 milliard de tonnes d'équivalent CO2 en 2015. De façon concrète, l'initiative Med Test III renforcera les infrastructures locales, l'expertise technique et le savoir-faire nécessaires pour promouvoir la classification appropriée, la collecte efficace, le tri et le recyclage des déchets textiles postindustriels et pré-consommation.

3.4. INDUSTRIES DU CUIR ET DE LA CHAUSSURE

3.4.1. IMPORTANCE DES SECTEURS DU CUIR ET DE LA CHAUSSURE EN TUNISIE

Le secteur des industries du cuir et de la chaussure occupe une place importante au sein de l'économie nationale. Ce secteur emploie près de 40 000 personnes et constitue l'un des piliers du secteur industriel. Selon l'API, ce secteur compte 297 unités dont plus d'une centaine sont à participation étrangère (API, 2011). Parmi la production de ces entreprises, 71 % du produit est totalement destiné à l'exportation. C'est une activité qui, depuis plusieurs années, n'a cessé de témoigner son dynamisme, sa participation active dans l'investissement, l'exportation et la création d'emplois. Ce secteur compte aussi environ 150 unités à participation étrangère, dont plus d'une centaine sont à capitaux 100 % étrangers. Il occupe plus de 40 000 emplois, dont 90 % relèvent des entreprises totalement exportatrices (Tableau 16 ci-dessous). Selon l'API, la valeur ajoutée de ce secteur est de l'ordre de 30 % de la valeur de production, soit 470 millions de dinars. Elle est l'une des plus élevées des industries manufacturières. En ce qui concerne les partenaires étrangers, l'Italie et la France sont les deux premiers partenaires de la Tunisie pour

ce secteur, avec respectivement 43 % et 33 % du volume total des exportations et 54 % et 24 % du volume total des importations (API, 2011).

Comme pour le textile, ce secteur est majoritairement implanté dans les Gouvernorats côtiers, notamment ceux du centre-est. Ainsi, le traitement du cuir et le rejet des effluents seront probablement pour partie rejetés dans la mer, ce qui affectera incontestablement la biodiversité.

Le Tableau 16 comporte le nombre d'entreprises du cuir et de la chaussure en Tunisie, et leur répartition, qu'elles soient totalement exportatrices ou non.

Tableau 16 : Répartition des entreprises du cuir et de la chaussure (API, 2011)

NTE : Non totalement exportatrice, TE : Totalement exportatrice

Branches	Nombre d'entreprises	NTE	TE
Tannerie Mégisserie	11	10	1
Chaussures et Tiges de chaussures	225	57	168
Maroquinerie	50	12	38
Habillement en cuir	17	9	8
Total	**297**	**84**	**213**

D'après ce tableau, le nombre d'entreprises est donc considéré comme étant élevé. La quantité de peaux d'animaux traitées et manufacturées est annuellement considérable. D'importantes quantités de déchets solides et de rejets liquides sont alors libérées dans l'environnement. Le traitement et la tannerie engendrent des polluants environnementaux très hautement toxiques pour le milieu et la biodiversité.

3.4.2. IMPACT DES TANNERIES SUR L'ENVIRONNEMENT

3.4.2.1. Impact des tanneries sur le milieu récepteur

Cet impact peut varier en fonction de la qualité et de la quantité de pollution engendrée, ainsi que de la proximité entre les effluents contaminants et les milieux récepteurs comme les humains, la flore, la faune ou aussi les écosystèmes exposés aux polluants. Parmi les récepteurs sensibles, on cite les écosystèmes, qui sont des éléments les plus sensibles aux effets néfastes de l'exposition aux produits chimiques, pesticides et autres polluants toxiques. Lors du contrôle d'un site industriel ou d'une tannerie, il est important de connaître tout d'abord la nature et la quantité de polluants libérés dans l'environnement, puis le type et la proximité des récepteurs, afin d'établir une stratégie de prévention de la pollution visant à réduire ou éliminer l'impact.

3.4.2.2. Impact sur la consommation d'eau

L'eau est une ressource limitée dans le monde. Les pénuries d'eau qui existent déjà dans la région méditerranéenne en général, et en Tunisie en particulier, risquent d'augmenter dans le futur, avec l'augmentation de la demande en eau et les effets du changement climatique sur la disponibilité de l'eau. De plus, la pollution de l'eau menace également l'accessibilité de la population locale à une eau potable et salubre. En outre, la consommation d'eau varie considérablement entre les tanneries et les types de peaux, mais, en moyenne, elle se situe entre 25 et 80 m^3 par tonne de peaux. L'utilisation minimum d'eau peut être abaissée jusqu'à 12 à 25 m^3 par tonne de peaux, il existe donc une marge d'amélioration importante dans le secteur de la tannerie. Cette marge varie généralement d'une tannerie à l'autre.

3.4.2.3. Impact sur les eaux de surface et souterraines

La composition des effluents rejetés varie beaucoup d'une tannerie à l'autre. Toutefois, tous les effluents aqueux non traités provenant des tanneries peuvent causer un impact considérable sur l'environnement. Le déversement d'eaux usées dans les rivières ou canaux voisins, atteignant en fin de compte la mer, dégradera aussi rapidement les propriétés physiques, chimiques et biologiques des cours d'eau récepteurs, notamment les fleuves destinés à alimenter les agglomérations en eau potable. Les eaux usées non traitées contiennent trois principaux types de matières et produits chimiques causant des dommages importants, soient :

- Matières solides en suspension
- Matières organiques des rejets et d'autres sources de pollution
- Produits chimiques et résidus toxiques, comportant des polluants dangereux comme :
    - Les solides en suspension, qui sont principalement générés dans les effluents du chaulage des peaux. Les solides en suspension tels que la chaux et les sels insolubles rendront l'eau trouble et occasionneront des dommages par sédimentation sur les fonds des cours d'eau récepteurs, en détruisant les habitats, les microorganismes et la biodiversité ;
    - Les matières organiques, qui se décomposent très rapidement dans l'eau, épuisant l'oxygène dissout nécessaire à ce processus, et engendrent également de mauvaises odeurs. Étant donné que l'oxygène est vital pour la vie en milieu aquatique, l'oxygène dissout affecterait sérieusement la biodiversité de l'eau ;
    - Les produits chimiques et résidus toxiques, qui peuvent varier en fonction du produit fini et des processus choisis, mais des produits chimiques tels que le sulfure de sodium, l'hydroxyde de calcium, les acides, les carbonates, les sulfites, les sulfates, le chrome, l'ammoniac, les solvants, etc., sont normalement générés par les processus du tannage. Le déversement de ces produits chimiques dans l'environnement rend dangereuse l'utilisation de l'eau à des fins domestiques ou des activités de loisirs (piscines, baignades, Aqua Park, etc.) ;
    - Les polluants de tannage mentionnés ci-dessus peuvent atteindre les eaux souterraines, entraînant la contamination de l'approvisionnement en eau des communautés locales et une menace sérieuse sur la santé humaine et aussi pour la biodiversité. De plus, la quantité d'eau disponible pour l'approvisionnement diminue, ce qui augmente les sollicitations sur les ressources en eau ou la pénurie d'eau.

3.4.2.4. Impact sur la terre

Une gestion inadaptée de l'environnement dans les tanneries et, en particulier, au niveau des eaux usées, des produits chimiques et des déchets dangereux, peut entraîner des dommages importants sur le sol en profondeur. L'impact sur le sol peut se produire au niveau des bassins, des zones de stockage des produits chimiques et déchets dangereux, des dépotoirs, etc. Le déversement d'eaux usées non traitées ou fortement polluées, de produits chimiques de tannage ou de déchets dangereux sur la terre peut considérablement bouleverser toute utilisation future du terrain pour l'agriculture, les loisirs ou l'urbanisation par exemple, et surtout la biodiversité, qu'elle soit faune ou flore. Le sol contaminé peut être impropre à la production agricole, aux activités de loisirs et à l'urbanisation pour de longues périodes, si bien entendu aucune mesure de décontamination, aussi coûteuse soit-elle, n'est mise en place. Concernant les produits chimiques et déchets dangereux, un stockage et une gestion inadaptés peuvent causer un impact important sur la terre. En cas de déversement de produits chimiques et déchets dangereux de la tannerie sur la terre, celle-ci subit des dommages, tout comme finalement les eaux souterraines, puisque les polluants s'infiltrent lentement jusqu'à atteindre les aquifères et se déplacer dans les puits de pompage qui peuvent être utilisés pour l'approvisionnement en eau ou à des fins agricoles, faisant ainsi entrer les polluants dans la chaîne alimentaire.

3.4.2.5. Impact sur l'atmosphère

L'impact de l'activité du tannage sur l'atmosphère est dû à la production de différentes émissions de gaz tels que : les odeurs, le H_2S, le NH_3 et le SO_2, les Composés Organiques Volatils (COV), les poussières et autres particules, les gaz provenant des sources d'énergie.

- Odeurs : des odeurs nauséabondes peuvent s'échapper des matières biologiques en pourriture provenant de déchets mal gérés, de peaux mal stockées et salées, d'usines de traitement des eaux usées mal entretenues, des processus du travail de rivière et de certaines substances toxiques comme l'hydrogène sulfuré, l'ammoniac, etc.
- Le H_2S, le NH_3 et le SO_2. : les émissions de sulfure proviennent de l'épilage et du traitement des déchets alors que les émissions du NH_3 résultent des liquides d'ébourrage et de déchaulage, ainsi que des processus de décomposition. Les émissions du SO_2 proviennent des opérations de corroyage.
- Les phases de dégraissage des peaux de mouton et de corroyage peuvent émettre des COV provenant de la consommation de solvants organiques et posant des problèmes sanitaires sur le lieu de travail. Des poussières de cuir et autres particules peuvent se produire lors des opérations mécaniques telles que le drayage à sec, le feutrage au foulon, le lustrage et le chamoisage et lors de la manutention des produits chimiques en poudre. Les poussières de cuir et autres particules sont considérées comme des substances potentiellement cancérigènes pouvant affecter les ouvriers exposés.
- Gaz provenant des sources d'énergie : ces gaz sont normalement générés par les chaudières et générateurs d'énergie, impliquant des contaminants atmosphériques typiques tels que le CO, le CO_2, les NO_x et les SO_x.

Afin de protéger l'environnement, la biodiversité, la santé des travailleurs et les environs des usines contre les odeurs et émissions dangereuses, une attention particulière doit être portée au moins sur les valeurs d'émission du HN_3, du H_2S, de composés organiques volatils (COV), de particules, de CO et du NO.

3.4.2.6. Impact sur les systèmes de gestion des déchets

Les sous-produits et déchets générés au cours du processus de traitement du cuir peuvent comprendre les ébarbures des peaux brutes, chairs chaulées et fourrures, les restes chromés du drayage, du refendage et de la découpe du cuir, les poussières du feutrage, les produits chimiques du finissage, les boues de traitement des eaux usées, les emballages, le sel, les solvants organiques, les résidus de réduction de l'air autres que les poussières du feutrage, comme les filtres à charbon activés et les boues des épurateurs humides, ainsi que les résidus du traitement des déchets.

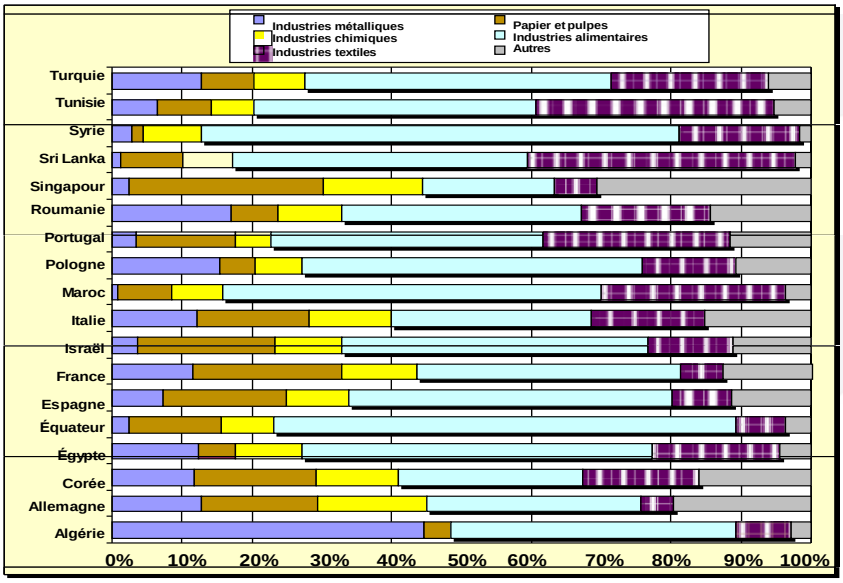
Afin d'éviter que ces sous-produits et déchets ne soient rejetés dans des sites d'enfouissement et dans la nature et ne créent des odeurs gênantes, une contamination importante du sol et des eaux souterraines, ainsi que des effets néfastes sur la santé de la population locale, une gestion écologiquement rationnelle et le recyclage de chaque sous-produit et déchet devraient être mis en place. Les tanneries produisent des sous-produits pouvant être utilisés par d'autres acteurs. Pour les déchets ne pouvant être utilisés ou recyclés, l'élimination finale doit être étudiée afin de trouver une solution et peut dépendre de l'infrastructure et des conditions locales. De plus, si les eaux usées non traitées sont rejetées dans le système municipal de collecte des eaux usées, le rejet de produits chimiques peut entraîner des incrustations dans les égouts, des dépôts de solides, la corrosion des canalisations d'égouts et le mauvais fonctionnement des processus biologiques de l'usine de traitement des eaux usées. Si les déchets sont finalement enfouis, des revêtements spéciaux et des systèmes de traitement du lixiviat devraient être installés afin de contrôler l'infiltration des produits chimiques et boues dans le sol et les eaux souterraines, atteignant finalement l'approvisionnement en eau et les écosystèmes environnants.

3.5. INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE

3.5.1. GÉNÉRALITÉS

Au même titre que les autres types d'industries, l'industrie agro-alimentaire (IAA) a un impact indéniable sur la biodiversité. Les divers polluants qu'elle émet, les émissions de CO_2 qu'elle induit, la fragmentation et la destruction des espaces qu'elle occupe, les déchets divers qu'elle génère, les espèces, sous-espèces et cultivars qu'elle emploie, sont autant des facteurs de perturbation de l'environnement, très hautement nuisibles à la biodiversité. En effet, certains pays européens, comme la Belgique, estiment qu'environ 80 % de l'alimentation consommée par la population font l'objet d'une transformation par l'industrie agroalimentaire (IAA), qui se classe comme étant le troisième secteur industriel dans ce pays. Cette industrie consiste en une chaine constituée de plusieurs étapes dont chacune est responsable de nombreux impacts environnementaux, en fonction du type de transformation, du moyen de conservation et du type d'emballage et aussi du transport. Le secteur agroalimentaire représente le quatrième secteur de l'industrie manufacturière du point de vue des émissions de gaz à effet de serre. Les entreprises agroalimentaires estiment que les impacts de transformation concernent en premier lieu l'eau (ressource et pollution), la production de déchets et la pollution des sols, puis l'effet sur la biodiversité. Dans un pays comme la France, une étude de l'Insee estime qu'environ ¼ des entreprises agroalimentaires de plus de 20 salariés ont un impact jugé « fort » ou « très fort » sur l'environnement. D'autre part, le transport des produits transformés est également responsable d'une importante part de leur impact sur l'environnement. En effet, ces produits doivent être transportés du lieu de production vers le lieu de transformation, ou de conditionnement, ensuite vers le lieu de distribution, et enfin vers le lieu de consommation. L'impact du transport des produits de l'IAA est fonction de la distance, du mode de transport et du mode de transformation. La distribution des produits agroalimentaires implique également une consommation d'énergie liée à l'éclairage, à la réfrigération, au chauffage etc. Enfin, la consommation ''sensu stricto'' du produit impacte également notre environnement, en fonction du mode et du temps de cuisson, de la conservation de l'aliment (réfrigérateur, congélateur), du gaspillage alimentaire, du tri des déchets, etc. Les produits biologiques, qu'ils soient animaux ou végétaux, une fois libérés dans la nature se décomposent très rapidement sous l'effet des facteurs climatiques, libérant ainsi des composés qui se transforment rapidement en toxines, et qui affectent les êtres vivants.

Partout dans le monde, les industries agroalimentaires sont considérées comme étant des polluants très dangereux pour l'environnement. Ainsi, selon Sayadi (2014), la comparaison entre les différents pays des différents continents du globe terrestre montre la place considérable, en matière de pollution environnementale, causée par les industries agroalimentaires (Figure 65). D'après cette figure, l'industrie agroalimentaire constitue la filière la plus polluante pour tous les pays, parmi le reste des filières industrielles. La Tunisie ne fait pas exception, puisqu'entre 20 et 60 % de pollution environnementale émanent de l'industrie agroalimentaire, suivie de l'industrie textile, puis l'industrie chimique.



Pollution industrielle de l'environnement dans certains pays du monde (Sayadi, 2014)

Figure 65 : Place occupée par l'industrie agroalimentaire dans plusieurs pays du monde, y compris la Tunisie (Sayadi, 2014)

3.5.2. IMPORTANCE DU SECTEUR DE L'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE EN TUNISIE ET SON IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ ET L'ENVIRONNEMENT

Le secteur des industries agroalimentaires regroupe toutes les activités industrielles de production de denrées alimentaires, provenant de l'agriculture ou de la pêche. En Tunisie, ce secteur est classé en tant qu'industrie manufacturière, où il occupe une place stratégique dans l'économie nationale, de par l'importance de la valeur ajoutée, la part des exportations, les emplois qu'il génère, la valeur des investissements et la forte intégration. Actuellement, ce secteur subit une importante mutation par l'emploi de procédés modernes et efficients. Ainsi, comme pour les autres industries manufacturières, le secteur des industries agroalimentaires fait l'objet, depuis le milieu des années 1990, d'une politique de modernisation impulsée par le gouvernement, et surtout axée sur le partenariat avec l'étranger, ce qui a contribué à sa promotion et à son développement. Actuellement, le secteur des industries agroalimentaires compte 6 500 entreprises dont 214 entreprises totalement exportatrices et 119 entreprises réalisées en partenariat (28 avec la France et 25 avec l'Italie). En effet, seules 217 entreprises industrielles employant plus que 10 personnes sont totalement exportatrices (Tableau 17). Par contre, les entreprises autres qu'exportatrices, employant plus que 10 personnes, sont au nombre de 907 entreprises. Celles employant entre 6 et 9 personnes sont au nombre de 808, et enfin l'effectif le plus important est celui des entreprises employant entre 1 et 5 personnes, avec 3 604 entreprises. Ces entreprises sont réparties sur tout le territoire national, avec surtout une concentration au niveau du littoral. L'industrie du poisson y est, dans ce cas-là, plus influente sur la biodiversité marine et littorale. D'autre part, en ce qui concerne l'effectif des entreprises par secteur d'activité, la branche des huiles et corps gras occupe la première place avec 320 entreprises, suivie par la branche des céréales et dérivés en seconde place avec 230 entreprises et l'activité entreposage frigorifique qui se classe en 3e place avec 181 entreprises.

Tableau 17 : Répartition des entreprises agro-industrielles par activité

Activités	TE*	ATE*	Total
Industries des huiles et corps gras	29	291	320
Industries des fruits et légumes	25	49	74
Entreposage frigorifique	86	95	181
Industries du poisson	31	37	68
Industries des céréales et dérivés	9	221	230
Industries des boissons	3	54	57
Industries du lait et dérivés	3	44	47
Industries du sucre et dérivés	3	26	29
Industries des viandes	0	23	23
Autres industries alimentaires	28	67	95
Total	217	907	1124

Répartition des entreprises employant 10 personnes et plus par activité et par régime dans le secteur de l'Agroalimentaire; TE: Totalement exportatrice ; ATE: Autres qu'exportatrice

L'importance de ce secteur en Tunisie apparaît aussi à travers la balance commerciale des produits agroalimentaires, où on remarque, ces dernières années, l'effort d'importation par rapport aux exportations. Ces dernières représentent 54 % par rapport aux importations (Tableau 18 et Tableau 19), ce qui est trop bas pour un pays qui se veut plutôt agricole.

Tableau 18 : État des importations des produits agroalimentaires par la Tunisie, durant les dernières années (ONAGRI, 2014)

Source : Ministère de l'agriculture, annuaire statistique de l'agriculture, 2014 ;ONAGRI)

importations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total des importations	1093,3	1321,9	2042,8	2600,9	1593,2	2182,6	2834,8	3155,6	3545,2	3429	3738
Lait et dérivés	44	36	49	79,5	44,4	49,8	64,8	82	79	80,9	51.5
Blé dur	42	94,5	333,4	475,5	198,7	343,4	305,5	326	348	435,5	685.2
Blé tendre	187,6	241,9	404,2	518,9	225	338,9	478,7	432	551	505,6	500.7
Orge	126,6	143,4	266	194,3	16,2	127,2	98,5	182	378	195,5	230.3
Semences	118,4	109,3	180	272,5	170,9	277,3	375	394	381	395,5	409.7
Pomme de terre	24,6	18,9	66,1	19,7	50,1	20,5	33,5	33,5	39	31,3	32.9
Huiles végétales	244,9	286,7	289	560,6	293,6	268,2	670	567,8	459,5	389,2	383.9
Thé et café	32,9	44,1	49,4	76,4	60,7	66,7	110,7	124,1	110,9	105,9	122,3
Sucre	119,7	199,8	159	162,3	184,1	287	474,4	368,6	303	322,6	350.5
Autres	152,6	147,3	246,7	241,2	349,5	403,6	223,7	645,6	895,8	967	

Principaux produits Agro-alimentaires importés (en millions de dinars)

Tableau 19 : État des exportations des produits agroalimentaires par la Tunisie, durant les dernières années (ONAGRI, 2014)

Source : Ministère de l'agriculture, annuaire statistique de l'agriculture, 2014

Exportations (Millions de dinars)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
total exportations	1225,6	1599	1615,5	1849,9	1631,2	1647,8	2126,3	2065,4	2431,3	2048,8
Produits dela mer	202,4	225,4	232,8	237,6	181,9	184,6	253,5	213	223,7	231,5
Dattes	130,5	117	211	209,2	237,7	286	297,5	344,4	380	388,4
Agrumes	15,2	16,1	13,6	24,9	21,5	21,5	18,7	15,6	19	21,8
Huile d'olive	476,7	834,9	696	759,1	533,4	444,4	403,5	593,2	820,2	490,2
Pêche	-	106600	-	-	-	95760	-	-	-	112855
Aquaculture	-	360	-	-	-	354	-	-	-	269

Principaux produits exportés

Selon Sayadi (2014), le secteur de l'agroalimentaire génère d'importantes quantités de déchets organiques, pouvant excéder 3 millions de tonnes, y compris le fumier (Tableau 20). Ce dernier ne pose normalement pas de problèmes environnementaux, dans la mesure où il est repris par l'agriculture.

En revanche, le reste des déchets, n'étant pour le moment pas encore recyclés, sont majoritairement rejetés dans la nature, ce qui engendre divers problèmes environnementaux, notamment pour la biodiversité.

Tableau 20 : Quantités de déchets organiques produits en Tunisie (Sayadi, 2014)

Matières organiques	Production (tonne)
les marchés municipaux et de gros	17.500
les conserveries de fruits et légumes	39.500
la vinification	10.500
les abattoirs de bétail	30.000
les abattoirs de volailles	48.000
les activités de restauration	69.000
les fumiers	2247.000
les fientes solides	350.000
les fientes liquides	260.000
les boues de stations	175.000
total	30715.000

Quantité annuelle de déchets organiques, produits en Tunisie (Sayadi, 2014)

Par ailleurs, un autre déchet, résultant des industries agroalimentaires en Tunisie, constitue un immense problème environnemental aujourd'hui. Il s'agit des margines, sous-produit de l'industrie de transformation des olives dont l'impact est précisé au chapitre 3.5.4.

3.5.3. IMPACTS DE L'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE SUR L'ENVIRONNEMENT

Différentes études se sont attachées à quantifier les impacts des industries agroalimentaires, en prenant en compte les impacts liés à l'ensemble du cycle de vie des produits (production, transformation et conditionnement, transport, distribution, consommation, élimination en tant que déchet). L'étude européenne EIPRO [DG JCR, 2006] a quantifié l'impact environnemental des produits dans l'UE en prenant en compte l'ensemble de leur cycle de vie et selon les différents domaines fonctionnels de consommation (définition COICOP de l'ONU). Selon cette étude, l'alimentation et les boissons sont responsables pour 20 à 30 % des différents impacts environnementaux liés à la consommation dans l'UE. Si l'on considère l'eutrophisation, la consommation alimentaire (y compris boissons) est responsable de 60 % des phénomènes d'eutrophisation rencontrés. Selon le guide de la fondation française Solagro (2021), globalement, les industries agroalimentaires sont responsables de :

- 60 % de la perte de biodiversité terrestre mondiale
- Environ 24 % des émissions globales de gaz à effet de serre
- 33 % des sols dégradés
- L'épuisement de 61 % des populations "commerciales" de poissons.

Ce guide a été publié dans le cadre du projet européen LIFE Food and Biodiversity.

Sur la Figure 66, nous présentons les principaux impacts des industries agroalimentaires sur l'environnement. Tel qu'on voit sur cette figure, les impacts sont multiples et touchent les divers compartiments de l'environnement. La biodiversité constitue la composante la plus vulnérable à cette pollution, en raison des problèmes que les diverses toxines émanant de cette pollution peuvent

poser pour la faune et pour la flore. En outre, la transformation qui concerne les produits animaux et végétaux pourrait être une source d'érosion génétique, eu égard à l'emploi assez fréquent de variétés et cultivars introduits, considérés de haute performance, par rapport aux ressources génétiques locales. ***Le meilleur exemple d'actualité est l'introduction de variétés d'olivier étrangères, sous prétexte de leur haut rendement en huile, et leur meilleure acidité, par comparaison à la variété locale Chemlali, cultivée en Tunisie depuis plusieurs siècles, et qui a surtout fait preuve de son adaptation aux conditions environnementales tunisiennes.***

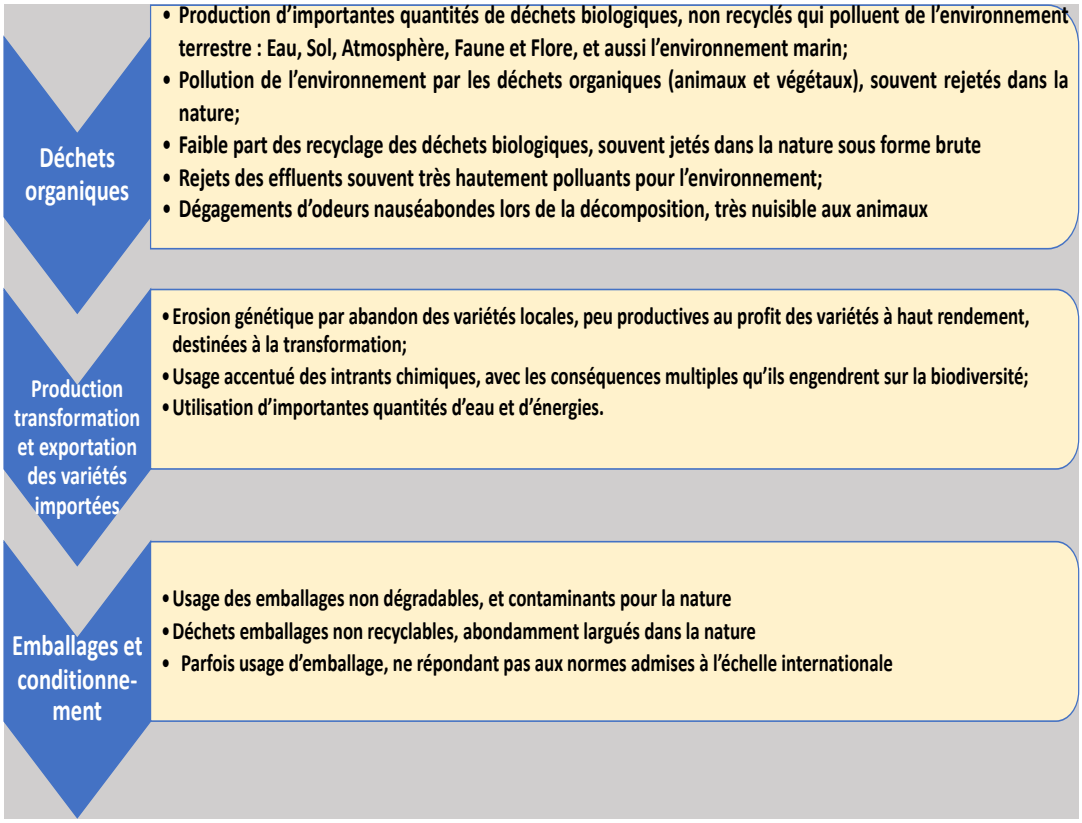


Figure 66 : Impacts divers de l'industrie agroalimentaire sur l'environnement

3.5.4. POLLUTION ENVIRONNEMENTALE PAR LES MARGINES

Selon l'Institut de l'Olivier, en année productive, la quantité de margine produite en Tunisie est d'environ 700 000 tonnes, extraites à partir d'un réseau de 1 545 huileries réparties sur toute la République. En plus de cet effectif d'huilerie, le secteur regroupe également 13 unités de raffinage, 10 unités d'extraction d'huile de grignons et 24 unités de conditionnement.

La margine est polluante en raison de sa grande acidité (ph 5.5), et de la teneur en polyphénols qu'elle contient. Les matières organiques et minérales qu'elle renferme ont une forte demande chimique d'oxygène, ce qui explique l'odeur nauséabonde émises durant son stockage. Les analyses chimiques des échantillons de margines effectuées par le laboratoire d'analyses relevant du Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET) montrent aussi que les éléments organiques des margines sont riches en matières polluantes, dont la plus nocive est celle des polyphénols, qui représentent près de 20 % des matières organiques. Cette substance toxique peu biodégradable provoque chez l'homme plusieurs maladies respiratoires et dermatologiques, de même qu'elle pollue irréversiblement l'air, le sol, la nappe phréatique, et est surtout toxique pour la faune et la flore. En outre, au niveau du sol, les polyphénols provoquent des malaises. Il a aussi un effet dévastateur sur l'environnement, dans la mesure où elle détruit les micro-bactéries qui nourrissent la croûte du sol, rendant ainsi la terre stérile, et affectant surtout la germination et le développement des plantules.

En outre, il est communément admis que les margines sont riches en O-phosphore, un élément polluant hautement dangereux qui affecte les eaux de surface et souterraines. Ce phosphore, existant avec abondance dans les margines, accélère la croissance des algues et augmente la probabilité d'une eutrophisation entraînant un déséquilibre écologique dans les eaux naturelles. De même, les sucres des margines provoquent aussi une augmentation de la population microbienne, et par conséquent une augmentation de la consommation d'oxygène dissout, donc la réduction de sa disponibilité pour d'autres organismes vivants, notamment la faune et la flore, entrainant incontestablement son asphyxie et son intoxication. En outre, les lipides contenus dans les margines forment un film imperméable, ce qui empêche la pénétration des rayons lumineux et de l'oxygène dans les eaux. Ce constat permet de conclure que les margines sont des eaux hautement polluantes, faiblement biodégradables et massivement destructrices. L'exploitation des décharges anarchiques constitue une flagrante violation de la loi. Ainsi, en Tunisie, 84 % des décharges exploitées (33 % non classées et 51 % dépourvues de mesures de sécurité) ne répondent pas aux normes requises en matière de gestion durable de ce déchet, très nuisible pour l'environnement. Le décret n° 85-56 en date du 2 janvier 1985, relatif à la réglementation des rejets dans le milieu récepteur, fixe les conditions par lesquelles sont réglementés ou interdits les rejets dans le milieu récepteur. À ce titre, il interdit explicitement le déversement des graisses et des huiles végétales dans les oueds et lacs ou leur évacuation à travers des canaux d'assainissement, dès lors qu'elles impactent le fonctionnement des stations d'épuration et provoquent une élimination des bactéries, indispensables dans l'analyse des éléments organiques dans les canaux d'assainissement. Le même texte interdit aussi le rejet de ce produit dans la nature. Cependant le non-respect de la réglementation, se constate par la poursuite des rejets des margines dans la nature. Ainsi, tel qu'on voit sur la photo ci-dessous (Figure 67), le rejet flagrant des margines dans la nature est continu. D'après cette figure, ce rejet aura des incidences sur toutes les composantes de l'environnement. Il se produira, dans une seconde étape, une pollution du sol et de la nappe phréatique, l'intoxication de la pédoflore et la pédofaune. La fraction microbienne du sol sera à son tour détruite, et les individus d'olivier seront asphyxiés et desséchés ensuite. La banque de graines du sol sera pourrie, et sa germination sera impossible. Les terriers des micromammifères et des reptiles présents dans ce champ seront à leur tour détruits, et les animaux qui y habitent seront intoxiqués.

Figure 67 : Spectaculaire rejet des margines à l'intérieur d'un champ d'oliviers (Photo M. Mejbri, FTDES, 2020, Kairouan)

L'impact négatif des margines, plus abondants déchets des industries agroalimentaires en Tunisie, sur la biodiversité est aujourd'hui amplement justifié, tel qu'on le voit sur la figure ci-dessous. Prise dans la région de Kairouan (FTDES, 2020), l'une des régions réputées pour le rejet de ce polluant dans la nature, elle montre un flagrant rejet d'importantes quantités de margines dans un champ à proximité de la route. Tel qu'on voit sur cette même figure, au bout d'une année, on constate le dessèchement total de toute une ligne d'arbres, situés dans les zones de rejet des margines.

Figure 68 : Dessèchement d'un peuplement d'*Eucalyptus*, sous l'effet de rejet de margines (FTDES, 2020)

En se basant sur la banque de données élaborée au niveau de la Direction Générale de la Recherche Scientifique Tunisienne (DGRST), on constate que plusieurs laboratoires et unités de recherche sont impliqués dans le domaine de la recherche en biotechnologie environnementale. Il s'agit de 49 laboratoires ou unités appartenant à différentes universités (Tunis, Tunis El Manar, Carthage, Mannouba, Monastir, Sfax et Gabes) et de deux centres de recherche (Technopole de Borj Cedria et Centre de Biotechnologie de Sfax). Ces structures bénéficient aussi d'une collaboration avec d'autres organisations dans le cadre de coopérations et de partenariats mutuellement bénéfiques comme le CITET, l'ONAS, l'ANGED, l'ANPE, ainsi que les CRDA. En dépit de cet important tissu de recherche scientifique dans le domaine des biotechnologies environnementales, le phénomène de pollution par les déchets agroalimentaires continue à avoir des impacts très nuisibles sur l'environnement et la biodiversité. Aussi, sachant que la majorité des entreprises œuvrant dans ce secteur sont plutôt privées, il serait nécessaire, dans le cadre du projet BIODIV2030 du WWF, de prévoir une collaboration avec ces entreprises, en vue d'établir des engagements de respect futur de l'environnement et de la biodiversité.

3.6. INDUSTRIES CHIMIQUES

3.6.1. INTRODUCTION

Durant ces dernières années, l'humanité a énormément bénéficié des intérêts des produits et substances chimiques. Cependant, la pollution par ces substances est également considérée comme étant l'une des cinq principales pressions anthropiques qui affectent négativement la biodiversité. Les quatre autres pressions sont, pour rappel, la perte des habitats, l'utilisation non durable et la surexploitation des ressources, le changement climatique et les espèces exotiques envahissantes (CDB, 2010). Par ailleurs, au-delà cette vision générale de la pollution, nos connaissances actuelles sur les préjudices des effets de l'exposition chimique sur la biodiversité sont largement limitées aux charges excessives de l'environnement en nutriments et en pesticides, à la pollution environnementale par les déchets solides et les effluents liquides, et à d'autres aspects de pollution relativement simples. Toutefois, "l'écologisation de l'industrie chimique", par la mise en place de processus de recyclage et de récupération améliorée des déchets et l'intensification de traitement des effluents, a considérablement réduit l'entrée dans l'environnement de nombreuses sources ponctuelles, du moins dans la plupart des pays industrialisés. Cependant, même un rapide coup d'œil sur le site Web de l'American Chemical Society (www.cas.org) révèle que de nouveaux produits chimiques sont découverts et décrits à un rythme de vitesse sans précédent. En effet, sur une période de 24 heures en juillet 2012, plus de 700 produits chimiques ont été catalogués dans la base de données du Chemical Abstracts Service, ce qui correspond à un taux de découverte supérieur à 30 nouveaux produits chimiques par heure. De même, en 2007, McKinney et Schoch (2007) ont estimé un taux de découverte moyen de 70 nouveaux produits chimiques par heure. Bien entendu, seul un faible pourcentage de ces produits chimiques nouvellement décrits peut être produit à une échelle industrielle et commerciale. Ces chiffres fournissent un aperçu sur l'énorme dynamique sous-jacente aux produits chimiques découverts. L'utilisation de produits chimiques et les schémas d'exposition ont considérablement changé au cours des dernières décennies. La société est maintenant mise au défi d'évaluer et de gérer les conséquences d'une contamination par des mélanges de produits chimiques multi-composants et très complexes et extrêmement hétérogènes. Ces produits proviennent souvent de sources diffuses, ayant potentiellement des effets subtils à long terme sur la faune, la structure de l'écosystème, la stabilité et la fonction, ainsi que sur la santé humaine.

Dans cette partie de l'étude, nous présentons l'impact des produits chimiques, largués dans la nature, sur la biodiversité.

3.6.2. IMPORTANCE DES INDUSTRIES CHIMIQUES EN TUNISIE

En Tunisie, le secteur des industries chimiques (ICH) s'intéresse à plusieurs filières allant de la chimie de base à la production de matières plastiques, la fabrication de caoutchouc synthétique, la production de peintures, colorants et pigments, la fabrication de gaz industriels, la fabrication de produits azotés et d'engrais, etc. Les autres activités relèvent de la chimie fine, la chimie de spécialité relative à la fabrication de produits pharmaceutiques, de produits cosmétiques, de savons, détergents et produits d'entretien.

En effet, en Tunisie, le secteur des ICH (hors raffinage de pétrole) dénombre un total de 573 entreprises de 10 personnes et plus (API, 2019). Selon la même source, on compte 136 unités totalement exportatrices.

Au niveau de l'effort d'emploi, ce secteur emploie au total 53 349 personnes parmi la population active tunisienne. La variable «Employabilité» a enregistré une croissance importante sur la période (2009-2018), passant de 24 157 en 2009 à 53 393 au mois de janvier 2019. Avec ce chiffre, ce secteur représente 10 % des emplois de l'industrie manufacturière.

Quant à la valeur ajoutée dudit secteur, on enregistre une croissance de 5 %, oscillant de 961 MTND à 1 179 MTND sur la période (2012-2016). Ainsi, la part de la valeur ajoutée dans la production du secteur est de 18 % en 2016. La balance du commerce extérieur relatif à ce secteur accuse un léger

développement de 3 % au niveau des exportations, en passant de 2 737 MTND en 2012 à 3 212 MTND en 2017. La branche «Chimie de base» accapare la plus importante part des exportations du secteur en 2017, avec 48 %. La Tunisie conserve ses destinations d'exportation des produits du secteur ICH vers essentiellement la France, l'Italie, la Turquie et l'Algérie.

Quant aux importations, elles ont enregistré une augmentation de 7 %, augmentant de 4 960 MTND en 2012 à 7 085 MTND en 2017. L'industrie du plastique vient en tête des branches des ICH, avec 42 % des importations.

Avec l'objectif de connaître l'impact de ce secteur sur la biodiversité en Tunisie, il importe dans un premier lieu de caractériser ce secteur dans le tissu économique du pays, par branche d'activité.

3.6.2.1. Branche de la chimie de base

Elle englobe les produits fabriqués à partir de matières facilement accessibles, et se scinde elle-même en deux catégories de produits, à savoir :

- La chimie minérale, utilisant l'air, l'eau, le sel, le soufre et les phosphates pour produire de l'acide sulfurique et ses dérivés, du chlore ou de la soude, les gaz comprimés, les engrais, etc.
- La chimie organique, qui traite principalement les produits issus de la pétrochimie et toute sa chaine de valeur (matières plastiques, caoutchouc synthétique, etc.).

Selon la nomenclature tunisienne, la production de plastique et de ses dérivés, l'industrie du caoutchouc & pneumatique et les produits parachimiques relèvent de filières à part de la chimie de base.

En ce qui concerne la matière première du phosphate après son extraction, elle fait partie de la branche « Chimie de base », puisqu'en Tunisie, son extraction et sa valorisation sont des activités plus que centenaires. En outre, dans la présente étude, l'impact de son extraction est déjà traité dans le sous-secteur des industries extractives.

En revanche, la fabrication des engrais, et leurs conséquences environnementales, est traitée dans ce sous-secteur des industries chimiques. Ainsi, après une longue expérience dans l'exportation du phosphate brut, la Tunisie s'est orientée vers la transformation et la valorisation de ce minerai et ce par l'implantation d'une industrie locale de production d'acide phosphorique et d'engrais minéraux, principalement au sein du Groupe Chimique Tunisien (GCT). L'histoire de cette importante entreprise (GCT) remonte à 1947, avec la constitution de la S.I.A.P.E (Société Industrielle d'Acide Phosphorique et d'Engrais), implantée à Sfax, et le démarrage en 1952 de la production du Triple Super Phosphate (TSP). La SIAPE apportait ainsi une valeur ajoutée au phosphate tunisien extrait par Compagnie des Phosphates de Gafsa (CPG).

Pour rappel, le GCT traite environ 6,5 millions de tonnes/an de phosphate naturel tunisien pour produire divers produits d'engrais granulé, enrobé et non enrobé. Ces produits sont :

- l'Acide Phosphorique Marchand (MGA)
- le Di-Ammonium Phosphaté (DAP)
- le Triple Super Phosphate (TSP)
- le Di-Calcium Phosphate (DCP)
- le Mono Ammonium Phosphate (MAP)
- le Simple Super Phosphate (SSP)

À côté des produits ci-dessus cités, le GCT produit le Nitrate d'Ammonium Agricole et le Nitrate d'Ammonium poreux, destinés principalement au marché local.

Par ailleurs, avec quatre pôles industriels créés, et tous ravitaillés par du phosphate tunisien et situés à Sfax, Skhira, Gabès et M'dhilla, la Tunisie est le deuxième pays au monde à valoriser une importante part de sa production de phosphate brut. À ce propos, le Phosphate tunisien enrichi existe suivant deux catégories principales basées sur la concentration de P2O5 : le phosphate marchand titrant 65-

68 %, surtout utilisé pour les procédés chimiques, et le phosphate marchand titrant 60-62 %, reconnu par son aptitude à l'application directe. La CPG fournit environ 80 % de sa production de phosphate aux usines du GCT pour le traitement local ; le reste est acheminé à Sfax pour l'exportation.

En ce qui concerne les grandes entreprises œuvrant dans la branche de la Chimie de base, elles sont, d'après l'API (2019), au nombre de 30, dont 14 sont totalement exportatrices, et 16 sont autres que totalement exportatrices, tel qu'on peut voir sur le tableau ci-dessous. Les entreprises totalement exportatrices emploient 14 271 personnes. En outre, parmi toutes ces entreprises, la filière « Engrais » est la plus importante en termes de nombre d'entreprises mais aussi en termes d'emplois, puisque 17 entreprises représentent à elles seules 93 % des emplois totaux de la banche étudiée.

Tableau 21 : Répartition des entreprises de la chimie de base

TE : totalement exportatrice. ATE : autres que totalement exportatrice

Sous branche	Entreprises		
	TE	ATE	Total
Chimie inorganique	2	4	6
Chimie organique	2	5	7
Engrais	10	7	17
Total	14	16	30

Au niveau de l'impact sur l'environnement et sur la biodiversité, ces entreprises sont celles qui ont le plus d'impacts. Nous reviendrons en détail sur cet aspect.

3.6.2.2. Branche plastique

En Tunisie, la transformation des matières plastiques est une activité relativement ancienne, la création de la première entreprise dans cette branche datant de 1958.

L'industrie du plastique a d'abord répondu aux besoins élémentaires du pays, en emballages, articles ménagers, matériels pour l'irrigation, agriculture et bâtiment. Aujourd'hui, le secteur du plastique occupe une position stratégique prioritaire, étant donné qu'il touche presque tous les domaines d'activité industrielle, artisanale, commerciale, agricole et touristique.

Au niveau de son importance, cette branche regroupe environ 289 unités industrielles de 10 salariés et plus, employant un effectif total 19 682 personnes. Un total d'environ 83 entreprises de transformation de plastique exercent pour l'export, en employant à elles seules 49 % des emplois totaux de l'industrie du plastique. Le tableau ci-dessous illustre la répartition des diverses catégories d'entreprises spécialisées dans le plastique.

Tableau 22 : Nature et nombre d'entreprises œuvrant dans la branche du plastique (API, 2019)

Produit	**Nombre d'entreprises**		
	TE	**ATE**	**Total**
Caoutchouc naturel	**1**	**1**	**2**
Fils, tubes et tuyaux en caoutchouc	**1**	**2**	**3**
Pneumatiques en caoutchouc	**0**	**4**	**4**
Plaques et feuilles en caoutchouc	**0**	**4**	**4**
Joints et rondelles en caoutchouc	**2**	**4**	**6**
Durits	**0**	**1**	**1**
Raccords et flexibles en caoutchouc	**0**	**2**	**2**
Autres articles en caoutchouc	**1**	**5**	**6**
Total	**5**	**23**	**28**

3.6.2.3. Banche du Caoutchouc et pneumatique

Le caoutchouc peut être soit naturel, issu de l'hévéaculture, ou soit synthétique, issu de la pétrochimie. Le caoutchouc naturel est présent dans de nombreuses espèces végétales mais il provient aujourd'hui principalement d'un arbre appelé « Hévéa » (*Hevea brasiliensis*) localisé dans les zones tropicales d'Asie du sud-est ou bien de l'Afrique du sud et du Sahara (Côte d'Ivoire).

En Tunisie, cette branche occupe à son tour une place importante dans le secteur des industries manufacturières. La pneumatique accapare la part du lion au niveau de cette branche. Plusieurs types de produits en plastique ou en caoutchouc sont issus de cette branche. C'est ainsi qu'on y distingue plusieurs entreprises, installées en Tunisie, telles qu'on le voit sur le tableau ci-dessous.

Tableau 23 : Nature et nombre d'entreprises œuvrant dans la branche du caoutchouc & pneumatique (API, 2019)

Produit	Nombre d'entreprises		
	TE	ATE	Total
Caoutchouc naturel	1	1	2
Fils, tubes et tuyaux en caoutchouc	1	2	3
Pneumatiques en caoutchouc	0	4	4
Plaques et feuilles en caoutchouc	0	4	4
Joints et rondelles en caoutchouc	2	4	6
Durits	0	1	1
Raccords et flexibles en caoutchouc	0	2	2
Autres articles en caoutchouc	1	5	6
Total	5	23	28

Au niveau socio-économique, cette filière Pneumatiques en caoutchouc emploie à elle seule 308 personnes, suivie par la filière joints et rondelles en caoutchouc avec 241 personnes. La répartition géographique montre une concentration des entreprises dans le gouvernorat de Sfax avec 8 unités employant 267 personnes.

3.6.2.4. Branche pharmaceutique

En Tunisie, comme dans le reste des pays du monde, l'industrie pharmaceutique est un élément important des systèmes de santé. C'est ainsi que dans le pays, et tel qu'on le voit sur le tableau ci-dessous, les entreprises qui opèrent dans l'industrie pharmaceutique en Tunisie, emploient 10 287 personnes.

Tableau 24 : Effort d'emploi des entreprises de la branche pharmaceutique

Produit	Emplois		
	TE	ATE	Total
Médicaments à usage humain	70	5 851	5 921
Médicaments à usage vétérinaire	0	226	226
Produits pharmaceutiques à usage unique	2 115	259	2 374
Bandes et gaz conditionnés	0	117	117
Pansements	25	623	648
Autres produits pharmaceutiques	43	958	1 001
Total	2 253	8 034	10 287

Le Gouvernorat de Ben Arous vient en première place avec 10 entreprises pharmaceutiques employant à lui seul près de 2 167 personnes. Il est suivi par les Gouvernorats de Sousse, Tunis et Ariana avec respectivement 9, 8 et 7 unités industrielles.

3.6.2.5. Branche de la parachimie

La parachimie est une branche de l'industrie qui transforme les produits chimiques en biens directement utilisables par le consommateur, à l'instar des peintures, des colles, des encres et des huiles essentielles.

En Tunisie, cette branche compte 137 entreprises soit 24 % du nombre total des entreprises des industries chimiques en Tunisie. Parmi ces entreprises, seules 14 unités travaillent pour l'export (API, 2019). Les sous-branches Savons, détergents et produits d'entretien et celle des Peintures, colles, résines et encres viennent en tête de liste, avec respectivement 48 et 47 entreprises. Au niveau de l'emploi, cette branche emploie 6 287 personnes dont 8 % travaillent dans des unités exportatrices (Tableau 25). Comme l'indique le tableau suivant, la sous-branche Peintures, colles, encres et résines dispose de la majorité des emplois avec 43 % des emplois totaux de la branche « Parachimie » (soit 2 689 emplois).

Tableau 25 : Contribution des entreprises parachimiques à l'emploi (API, 2019)

Produit	Nombre d'Entreprises		
	TE	ATE	Total
Peintures, colles, résines et encres	150	2 539	2 689
Savons, détergents et produits d'entretien	125	2 197	2 322
Parfums et produits cosmétiques	48	943	991
Huiles essentielles	158	127	285
Total	481	5 806	6 287

3.6.2.6. Branche d'autres produits chimiques

Pour le cas de la Tunisie, cette branche regroupe tous les autres produits chimiques, ainsi que les agrochimiques. Pour plus de détail, on y trouve les catégories suivantes :

- Les produits pétrochimiques,
- Les produits agrochimiques (fongicides, herbicides, insecticides, composés phytosanitaires),
- Les explosifs,
- Les gélatines,
- Les préparations chimiques pour la photographie (les révélateurs, les affaiblisseurs, les fixateurs),
- Les produits chimiques à usage industriel (liquides pour freins, additifs pour carburants, préparations pour le décapage des métaux, agents d'apprêt ou de finissage dans le textile et cuir, les liants et les adjuvants de collage dans l'industrie papetière, les additifs pour ciments pour la construction, des additifs lessives, etc.).

Au niveau effectif des entreprises, cette branche totalise 24 entreprises de 10 emplois et plus, dont 5 entreprises sont entièrement exportatrices. La sous-branche « Gaz industriels » est en tête avec 5 unités industrielles, comme l'indique le tableau suivant :

Tableau 26 : Entreprises de la branche d'autres produits chimiques

Filière	Entreprises		
	TE	ATE	TOTAL
Gazs Industriels	-	5	5
Lubrifiants	-	3	3
Produits agrochimiques	-	3	3
Explosifs	-	1	1
Produits techno-chimiques pour le bâtiment	1	1	2
Produits chimiques à usage industriel	2	3	5
Produits de finissage des textiles et du cuir	2	-	2
Produits chimiques divers	-	3	3
Total	5	19	24

3.6.3. IMPACTS DES INDUSTRIES CHIMIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT EN TUNISIE

Ayant, depuis son indépendance, développé le secteur des industries chimiques toutes branches confondues, la Tunisie a beaucoup investi dans ce domaine. Au niveau socio-économique, ce secteur occupe une place importante au sein de l'économie nationale, notamment pour sa contribution considérable à l'effort de l'emploi, notamment durant les décennies précédentes où les procédés technologiques avaient recours à d'importants effectifs de main d'œuvre. En revanche, au niveau

environnemental, il y avait omission totale de stratégie claire et efficace de protection de l'environnement, avec ses diverses composantes (eau, sol, air, faune et flore). Les déchets de cette industrie furent donc rejetés dans la nature, ce qui occasionna une forte contamination par les divers déchets (liquides, solides et gazeux).

La contamination affecte tous les écosystèmes, qu'ils soient aquatiques ou terrestres.

Indépendamment de la branche et du type de l'industrie chimique, celle-ci exerce un impact très diversifié sur l'environnement et sur la biodiversité. Toutes les composantes environnementales sont ainsi affectées. Le type de nuisance sont présentées dans la figure ci-dessous : sonore, visuel, atmosphérique, terrestre et aquatique. Bien que ce type d'industrie n'ait pas un important gisement d'emplois, par comparaison aux autres secteurs comme la pêche ou l'agriculture, son impact est par contre très important sur la biodiversité, marine et terrestre. La pollution émanant de ce secteur est souvent de grande portée, pouvant atteindre de vastes étendues géographiques. Au niveau biodiversité, la vulnérabilité des habitats et des espèces fait souvent que l'impact de la pollution chimique provoque des désastres au niveau de la santé écosystémique et aussi de la santé humaine.

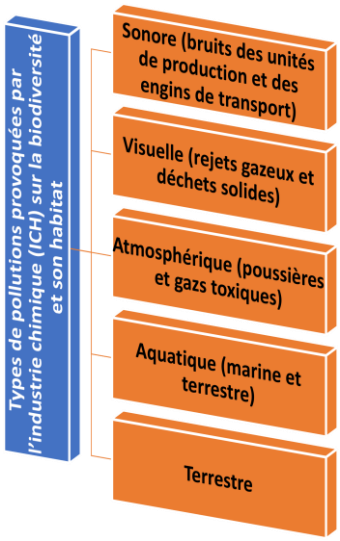


Figure 69 : Diversité des types de pollutions provoquées par les industries chimiques au niveau de la biodiversité et de l'environnement

Au regard des branches des industries chimiques, la branche de la chimie de base (chimie organique, chimie inorganique, engrais) est celle qui est la plus polluante pour l'environnement et pour la biodiversité. Ainsi, par exemple, les unités du Groupe Chimique Tunisien (GCT) de transformation du phosphate, situées à Mdhilla, Gabès, Skhira et Sfax, sont considérées comme étant les plus polluantes parmi tous les sous-secteurs de l'industrie. Tel qu'on voit sur la figure ci-dessous, les unités du GCT de transformation des engrais polluent l'environnement "tout azimut".

Figure 70 : Ampleur de la pollution diverse, provoquée par les unités de transformation du phosphate du GCT

Source :

(https://www.google.com/search?q=rejets+des+d%C3%A9chets+del%27industrie+des+produits+de+la+mer+en+tunisie)

D'ailleurs, la question de la pollution atmosphérique au bassin minier de Gafsa n'est pas uniquement liée à l'extraction des phosphates ; elle est aussi liée aux industries de traitement des phosphates, par l'unité du GCT, installée à Mdhilla depuis 1985, et dont la mission principale est de fabriquer certains produits à base de phosphates, tels que l'Acide phosphorique et le Triphosphate. Lors du traitement des phosphates par cette unité de Mdhilla, certains gaz polluants, notamment l'ammoniac, sont émis par les cheminées de l'usine et les effets sur la santé humaine sont très graves ; ils se manifestent comme suit :

- Inhalation : très toxique, qui peut causer la mort. Elle peut aussi causer une grave irritation du nez et de la gorge, ainsi qu'une accumulation potentiellement mortelle de liquide dans les poumons (œdème pulmonaire).
- Contact avec la peau : ce contact est corrosif. Le gaz irrite ou brûle la peau, pouvant causer des cicatrices permanentes. Le contact direct avec le gaz liquéfié peut refroidir ou geler la peau (gelures).
- Contact avec les yeux : le gaz est aussi corrosif. Il irrite ou brûle les yeux. Des dommages permanents, y compris la cécité, pourraient en résulter. Le contact direct avec le gaz liquéfié peut geler l'œil. Des dommages oculaires permanents ou la cécité peuvent en résulter.
- Effets d'une exposition de longue durée (chronique) : elle peut affecter le système respiratoire, et irriter et enflammer les voies respiratoires.

Il importe aussi de rappeler que, durant l'année 2016, plus exactement le 18 mai, le Groupe Chimique Tunisien de Mdhilla a connu un très grave accident de travail, où un effectif de 17 ouvriers ont été sévèrement brûlés, suite à une fuite d'acide sulfurique, au moment où ils étaient en train de la réparer. Par ailleurs, malgré une situation environnementale déjà dégradée sur la région du bassin minier et notamment au sein de la ville de Mdhilla, le gouvernement a engagé un processus de transfert des activités de la Société Tunisienne d'Acide Phosphorique et d'Engrais (SIAPE) de la ville de Sfax vers Mdhilla. Ce transfert n'est pour le moment pas encore effectué.

D'autres types d'industries sont également polluantes, notamment pour la biodiversité en milieu marin. On cite, à ce propos, la pollution par les hydrocarbures, où les déversements et rejets du pétrole en milieu marin sont désastreux. Ainsi, en cas d'accidents par ce genre de polluants, la faune marine, la flore marine et même les oiseaux d'eau sont très affectés, ce qui conduit à des pertes colossales de ces organismes animaux et végétaux. L'effet est par la suite très amplifié sous l'influence de la marée et du vent, qui provoquent le déplacement rapide de la couche d'hydrocarbure formée. D'ailleurs, plusieurs accidents ont eu lieu en Tunisie, dont le dernier fut celui qui s'est produit à Bizerte durant ces dernières années (figure ci-dessous).

Figure 71 : Pollution par les hydrocarbures, produits à Bizerte ces dernières années, et unités polluantes du GCT, notamment le rejet du soufre (diverses sources d'internet)

En conclusion, considérant la diversité des branches de l'industrie chimique, cette dernière exerce un impact très négatif sur la biodiversité et les habitats, autant en milieu marin qu'en milieu terrestre. Aucune composante environnementale n'y est préservée, d'autant que l'effet de cette pollution est le plus souvent irréversible sur le court terme. En outre, la portée de la pollution atmosphérique et de la pollution marine est souvent grande.

Dans une étude précédente, relative à l'observation de l'effet de la pollution fluorée émanant des unités du GCT à Gabès sur les végétaux, nous avons observé des teneurs excessives de certaines espèces cultivées dans la région d'El Hamma (Gabès). Ce polluant a donc été libéré par les cheminées des unités et transporté par le vent sur une distance de plus de 20 km.

Sur la* Figure 72 *ci-dessous, nous avons synthétisé les différents mécanismes de pollution émanant de l'industrie chimique en Tunisie.

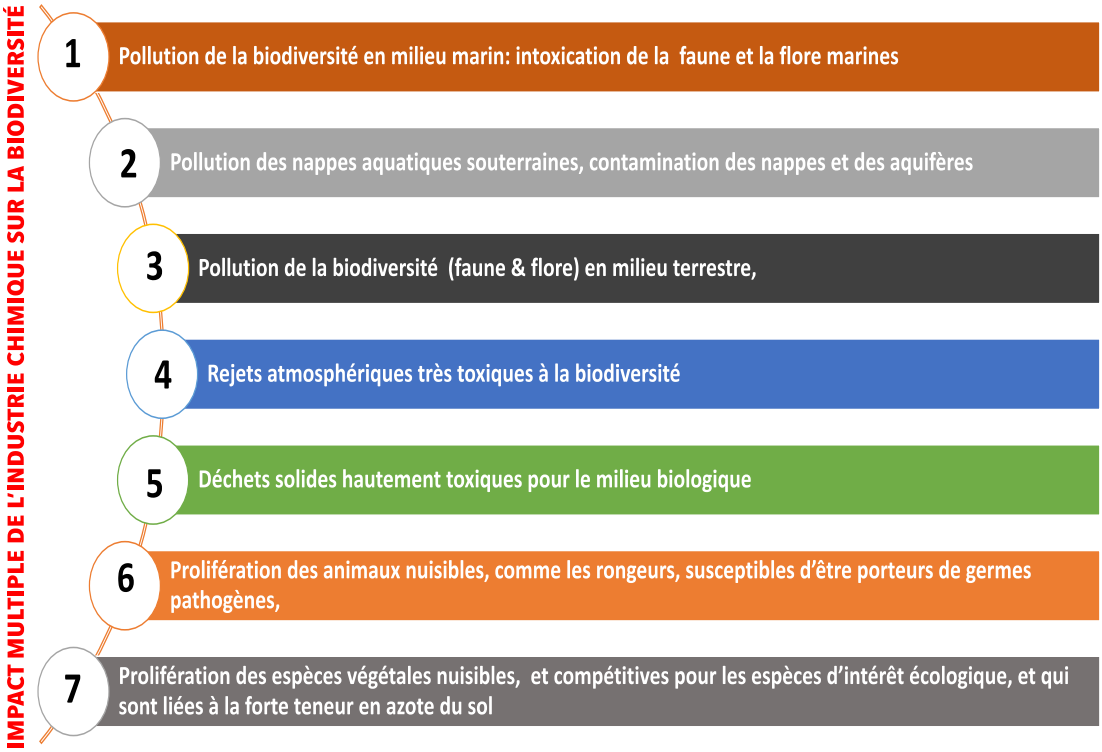


Figure 72 : Synthèse des différents mécanismes d'action des polluants de l'industrie chimique en Tunisie

4. IMPACTS DU SECTEUR DES SERVICES (SECTEUR TERTIAIRE) SUR LA BIODIVERSITÉ

4.1. INTRODUCTION

Rappelons que le secteur des services, couramment désigné par secteur tertiaire, occupe une place privilégiée au sein de l'économie tunisienne. En effet, ce secteur constitue le pilier de l'économie nationale, avec une forte contribution au PIB du pays, et un important gisement d'emploi. Les différents sous-secteurs sont :

- Le transport
- Le tourisme
- La santé
- Les télécommunications
- Le commerce
- Les finances et l'administration

En dépit de l'importance socio-économique de ce secteur, tel que cela est signalé dans cette étude, il se caractérise par des impacts sur la biodiversité, notamment la perte des ressources génétiques. On cite à ce propos le possible impact du tourisme sur la perte de la biodiversité, en raison de l'ampleur depuis plusieurs décennies du tourisme de masse, sur les ressources naturelles (eau, ressources biologiques, etc.). Il en est de même pour le sous-secteur de la santé, dont la relation avec la diversité biologique est connue depuis longtemps.

Dans les chapitres qui suivent, on présentera l'impact du secteur tertiaire sur la dégradation de la biodiversité en Tunisie. Cependant, cet impact est certainement non comparable avec ceux du secteur primaire et du secteur secondaire. L'approche de synthèse serait basée sur la figure ci-dessous.

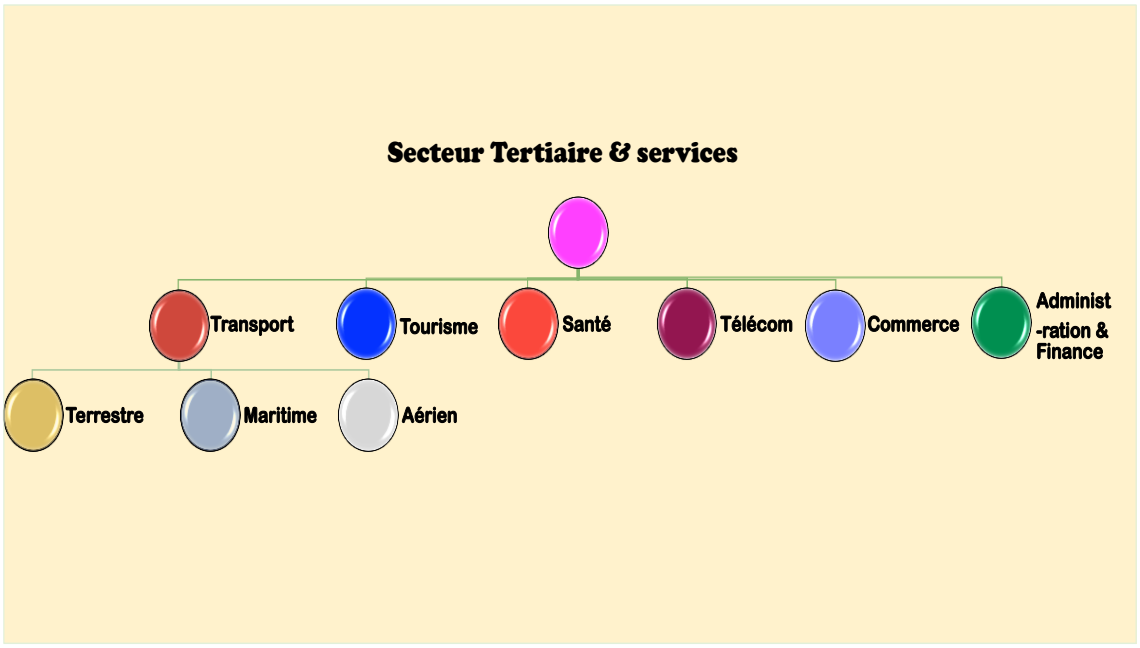


Figure 73 : Structure du secteur tertiaire et des services en Tunisie

4.2. ACTIVITÉ DU TRANSPORT

4.2.1. INTRODUCTION

Au cours de ces dernières décennies, les activités humaines ont entraîné une réduction massive de la biodiversité. La perte d'habitats naturels, due à l'urbanisation et à la fragmentation du paysage, est l'une des raisons de cette diminution. Le développement des infrastructures linéaires de transport (DILTs) (routes, voies ferrées et autoroutes) est à l'origine de la fragmentation des habitats naturels (Jaeger et al., 2007). Du point de vue écologique, les infrastructures de transport induisent des changements, entraînant non seulement la perte des habitats locaux, mais aussi des perturbations et des changements dans la quantité, la qualité et la connectivité de l'habitat. Les DILTs entraînent une perturbation des habitats naturels qu'ils traversent, les scindent en plusieurs parcelles distinctes. Ainsi, la réalisation d'infrastructures de transport a pour effet majeur, en plus de la mortalité directe de la faune par collision, la perte et la dégradation des habitats adjacents, leur pollution, la modification du microclimat et des conditions hydrologiques, ainsi que l'accroissement des activités humaines dans ces zones. Tous ces éléments provoquent une perte et une perturbation considérables des habitats naturels. En outre, les routes, les voies ferrées et les voies navigables créent des obstacles aux mouvements de nombreux animaux, obstacles qui peuvent isoler des populations et les conduire au déclin à long terme.

4.2.2. IMPORTANCE DE L'INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT EN TUNISIE

La Tunisie est considérée comme un des pays disposant d'une importante infrastructure de transport au sein du continent africain. Les infrastructures, support de ce système de transport, sont parmi les plus développées d'Afrique. D'après le ministère de l'Équipement, ce réseau totalise la longueur suivante :

- 19 750 km de réseau routier classe revêtu à 66 %
- 640 km d'autoroute
- 60 000 km de pistes d'intérêt régional et agricole
- 5 aéroports internationaux et 5 aéroports nationaux
- 10 ports de commerce
- 2 000 km environ de lignes de chemin de fer
- 2 100 ouvrages d'art et organes de drainage
- 765 ponts de portée unitaire supérieure à 10 m et 343 ponts de portée unitaire supérieure à 30 m.

Ce réseau de transport est réparti sur tout le pays, depuis l'extrême nord jusqu'à l'extrême sud. Il arpente donc tous les écosystèmes du pays, ce qui aura une influence sur la diversité biologique. Néanmoins, dans les zones montagneuses du nord-ouest et de la Dorsale tunisienne, où le relief est plus escarpé et accidenté, le réseau routier devient moins important, et surtout avec un faible trafic.

Parallèlement, au sud du pays, et où le relief est relativement plat, notamment dans les zones sahariennes, le réseau de circulation étant moins dense, affecte peu la biodiversité. Face à la faible abondance des mammifères, on rencontre dans ces zones sahariennes plutôt une abondance des reptiles, dont beaucoup d'individus périssent sous l'effet de la circulation des véhicules des troupes de l'armée nationale et des compagnies pétrolières, qui sillonnent les zones sahariennes de l'extrême sud du pays.

La Figure 74 ci-dessous montre l'importance du réseau routier en Tunisie, et sa superposition avec l'importance de la croissance démographique dans les différentes régions du pays.

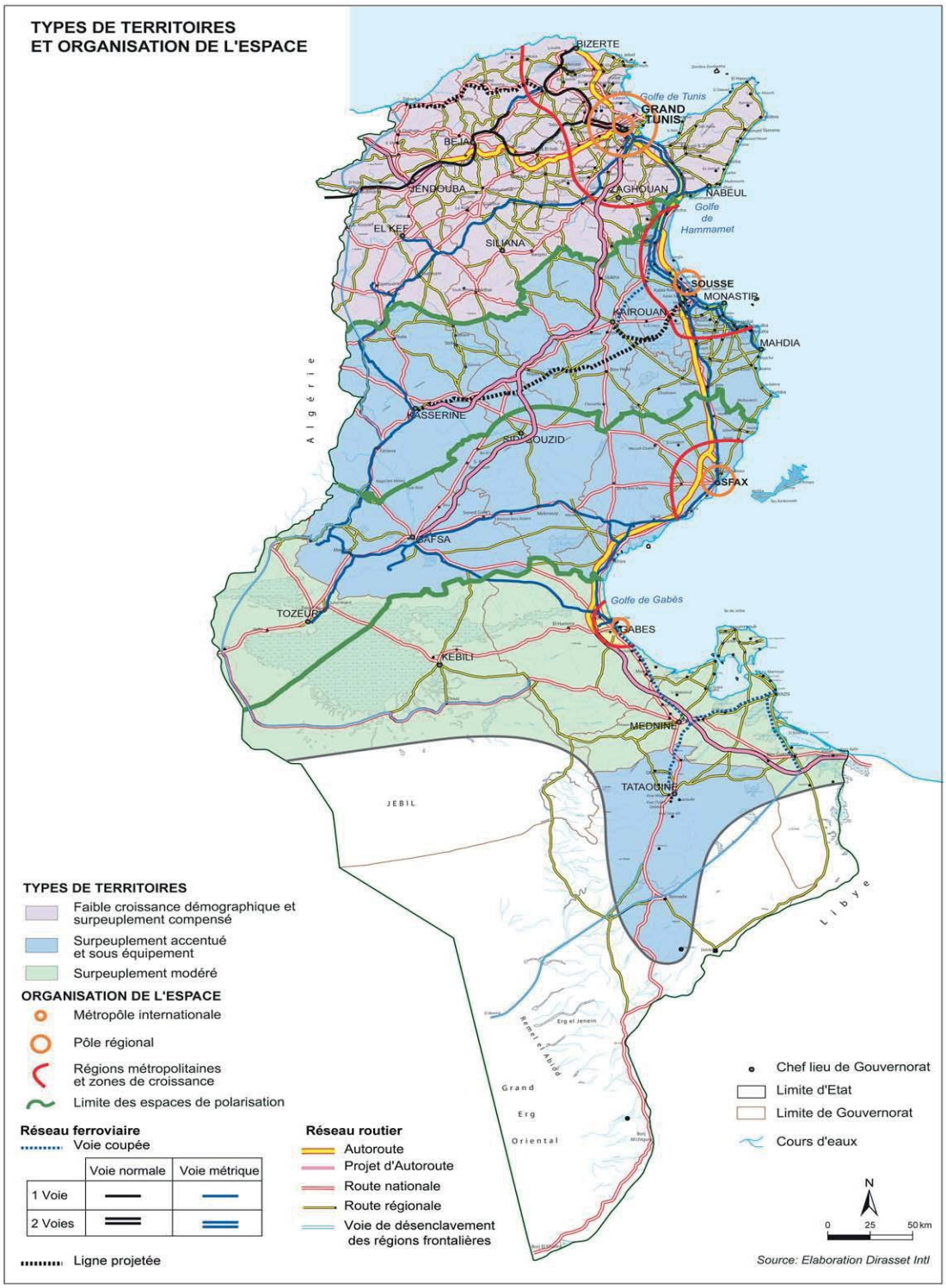


Figure 74 : Organisation territoriale de la Tunisie

Source : Ministère de l'Équipement de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire de la Tunisie (in Bouhamed & Carnis, 2020)

Cette carte montre que le territoire tunisien est subdivisé en différentes zones ayant des caractéristiques routières et démographiques variables. Ainsi, la Tunisie septentrionale, ou région du Nord, se caractérise par un réseau routier très dense, avec la présence de voies ferrées, d'autoroutes, de routes nationales, régionales et locales, sans oublier les pistes agricoles. Le trafic routier dans cette zone est ainsi intense, en raison de l'importance de la croissance démographique dans cette zone. La zone centrale du pays est plus étendue géographiquement que la zone du nord, avec un

réseau moins dense, notamment au niveau de la plaine du Sahel, celle de Kairouan, ainsi que les basses plaines méridionales. Cette zone est d'autre part très cultivée, ce qui limite la richesse spécifique en biodiversité, en raison de la forte anthropisation. Enfin, la zone sud du pays, communément appelée Tunisie méridionale, qui s'étale sur plus de la moitié du pays, se caractérise par un réseau routier encore moins dense, notamment à l'extrême sud du pays, et particulièrement le Grand Erg oriental, et presque pas desservi par des routes, hormis les pistes carrossables par les troupes de l'armée nationale et des compagnies pétrolières. Le relief de cette zone est pratiquement plat. La précarité climatique et les faibles précipitations qui marquent cette zone font que la diversité spécifique y est très faible (notamment la faune ornithologique, qui est rare en raison de l'absence des plans d'eau, susceptibles d'attirer les oiseaux migrateurs). Les espèces de reptiles y sont par contre abondantes et diversifiées, tout étant très adaptées au climat arido-saharien.

4.2.3. IMPACT DU SECTEUR DU TRANSPORT SUR LA BIODIVERSITÉ

Signalons que l'impact du secteur du transport sur la biodiversité apparaît à travers l'importance du trafic sur les voies de circulation. Il s'agit d'une mesure fiable, permettant de bien apprécier l'impact du secteur du transport sur la perte de la biodiversité. En effet, d'après Sétra (2003), l'importance du trafic routier (nombre de véhicules par jour), est fortement lié aux impacts sur la faune (mammifères principalement mais également avifaune, reptiles et batraciens et entomofaune).

Ainsi, d'après le tableau ci-dessous, on remarque qu'un trafic inférieur à 1 000 véhicules/jour permet le passage de la plupart des espèces animales. Par contre, un trafic plus intense, et supérieur à 10 000 véhicules par jour, est imperméable à toutes les espèces. Les trafics intermédiaires, soit entre 1 000 et 10 000 véhicules par jour, repoussent les espèces, ou provoquent leur mort.

Tableau 27 : Rapports entre la densité du trafic routier et l'effet de barrière chez les mammifères (Sétra, 2003)

Densité du trafic	Perméabilité à la faune
Trafic routier inférieur à 1 000 véhicules/jour	Perméable pour la plupart des espèces animales
Trafic routier compris entre 1 000 et 4 000 véhicules/jour	Perméable pour certaines espèces, mais évité par les espèces plus sensibles
Trafic routier compris entre 4 000 et 10 000 véhicules/jour	Barrière importante : le bruit et le mouvement repoussent la plupart des individus ; la route tue aussi de nombreux individus lorsqu'ils tentent de la traverser
Trafic routier supérieur à 10 000 véhicules/jour	Imperméable pour la plupart des espèces

Dans le même contexte, les mêmes auteurs (Sétra, 2003) traduisent, par le schéma ci-dessous, l'impact du trafic automobile sur la faune mammalienne, soit en la tuant, soit en la repoussant, soit aussi en lui permettant de traverser sans incidents. Lorsque le trafic est faible (< 2 500), peu d'animaux sont tués ou repoussés. L'impact sur la proportion d'animaux parvenant à traverser la barrière routière est donc limité. Lorsque le trafic est moyen (2 500 à 10 000), la mortalité est importante, le nombre d'animaux repoussés augmente et la proportion d'individus parvenant à traverser la route diminue. Lorsque le trafic est élevé (> 10 000), une grande proportion d'animaux est repoussée. Malgré une proportion de morts moins importante, seule une faible proportion d'animaux parvient à traverser la route (graphique de Andreas Seiler, non publié).

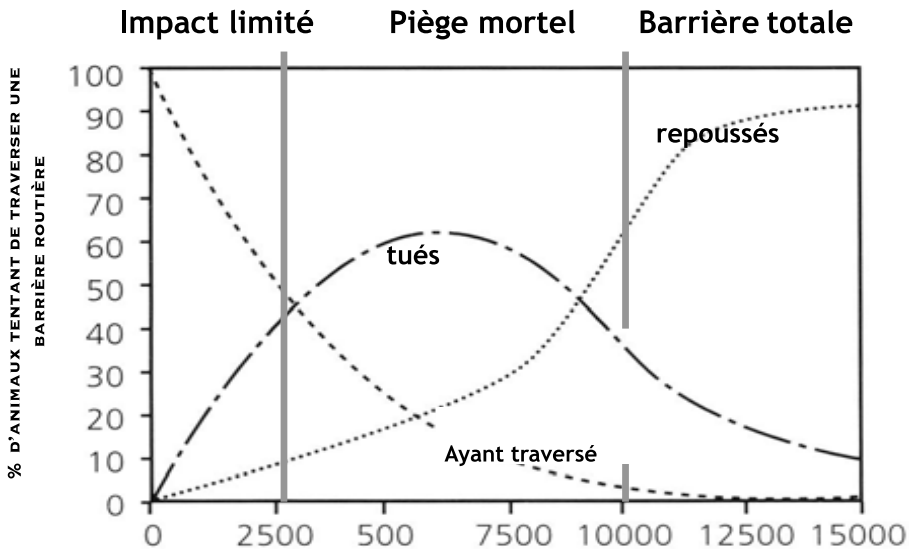


Figure 75 : Impact du trafic routier sur la faune mammalienne (Sétra, 2003)

En ce qui concerne le cas de la Tunisie, les routes provoquent également une mortalité animale directe en raison de collisions de véhicules. Une étude récente menée sur un tronçon (22 km) de la route nationale (GP1) dans la région de Gabès a révélé que les oiseaux représentent le groupe le plus touché, aussi bien en termes du nombre d'espèces que d'abondance, suivis des mammifères, puis des reptiles et enfin des amphibiens (Figure 76, Dhiab, 2019). Cette étude a également estimé qu'environ 336 animaux sont tués sur les routes nationales du territoire tunisien par jour, soit plus que 122 640 individus tués par an (Dhiab, 2019).

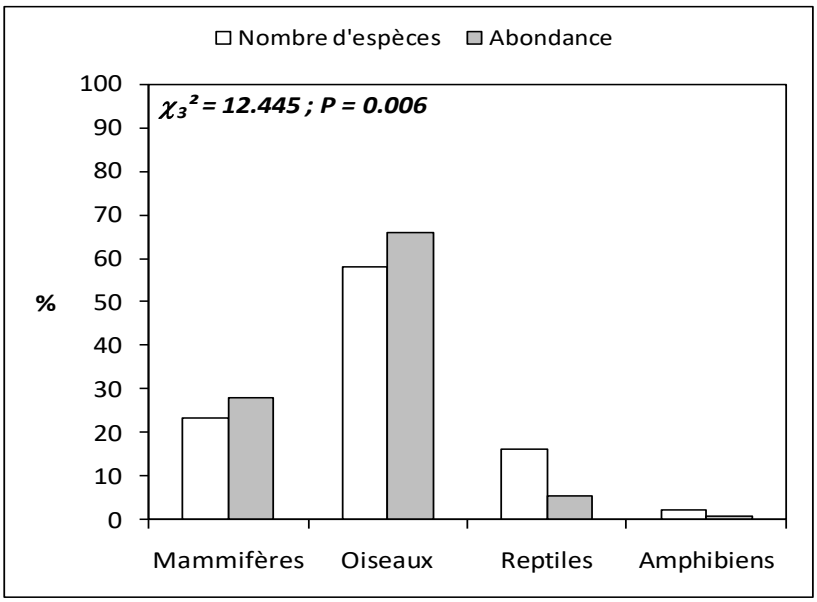


Figure 76 : Distributions des fréquences des cadavres recensés, en termes de nombre d'espèces et d'abondance, entre les quatre groupes systématiques identifiés (Dhiab, 2019)

Outre ces effets négatifs sur la biodiversité, les routes peuvent être attractives pour certaines espèces. Une étude récente sur la répartition des oiseaux dans les oliveraies de la région de Gabès a montré que la diversité des oiseaux augmente dans les parcelles qui sont près des routes (Hamza et Hanane, 2021). Les chercheurs ont expliqué ce résultat par des structures humaines, associées aux bords des routes (par exemple, les lignes électriques, les poteaux électriques) qu'offrent des sites de perches pour les oiseaux lors de recherche alimentaire à côté des routes (Hamza et Hanane, 2021).

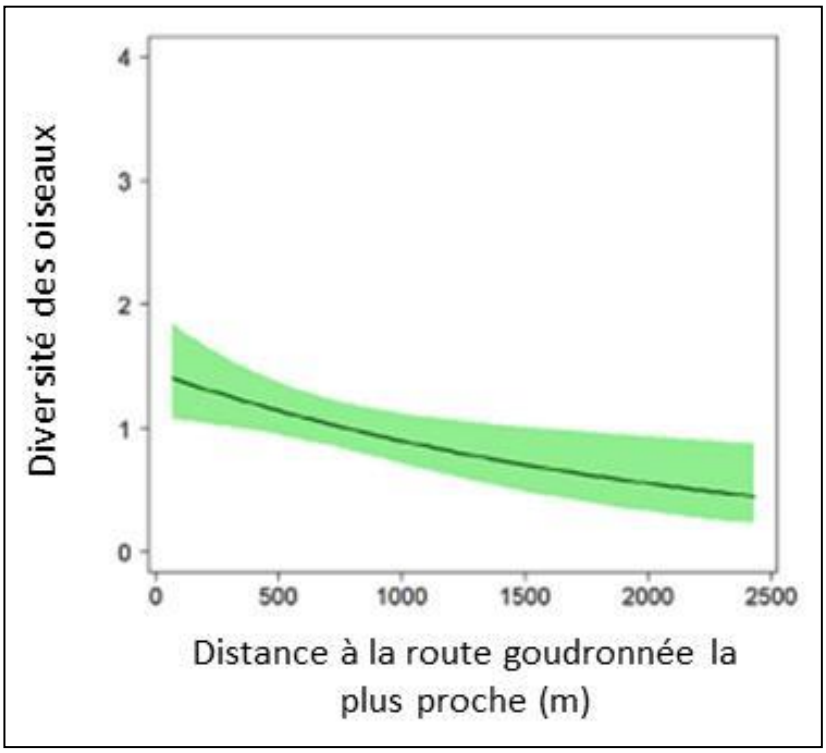


Figure 77 : Effet de la distance à la route sur la diversité des oiseaux (Hamza et Hanane, 2021)

Le transport maritime constitue la principale source de la pollution marine en Tunisie par le déversement de polluants, et notamment les hydrocarbures, dans les bassins portuaires et les fonds marins. Le risque d'accidents liés à cette activité est important.

L'impact du transport marin est traité en détail dans le chapitre relatif à la biodiversité marine.

En Tunisie, le secteur du transport occupe une place importante dans l'économie tunisienne. Au cours de l'année 2017, il représente 8,1 % du PIB, 13 % de l'investissement, 5 % de la population active, 5,5 % et 6 % respectivement des exportations et des importations totales, et 30 % et 45 % respectivement des exportations et des importations du secteur des services. Ce secteur constitue l'artère principale de l'économie nationale, en raison de son utilité pour les autres secteurs de l'économie nationale. Il est détenu à environ 70 % par le secteur public (INS, 2015). Ce secteur est diversifié, puisqu'il est composé par le transport maritime, le transport aérien et le transport terrestre. Ce dernier est à son tour structuré en transport routier et transport ferroviaire.

En effet, environ 2 millions de véhicules circulent sur les routes en Tunisie.

Par sa nature, le secteur du transport exerce un impact sur la biodiversité. En effet, qu'on soit en milieu marin ou terrestre, les voies de circulations engendrent une profonde perturbation des êtres vivants, notamment la faune sauvage. En milieu terrestre, la collision avec des animaux lors de leur traversée des voies de circulation est l'une des principales causes de leur mort. Parmi les catégories d'espèces animales les plus ciblées et les plus touchées par ce genre d'accidents, on cite :

- Les mammifères
- Les reptiles
- Les oiseaux
- Les amphibiens
- Les insectes

D'ailleurs, on assiste ces dernières années à de multiples collisions entre les véhicules sur la route et le sanglier, où des dizaines d'individus périssent par accident, sur toutes les routes de Tunisie. Durant les mois chauds de l'année (mai à septembre), les reptiles sont à leur tour beaucoup écrasés sur la route, notamment dans les régions du centre et du sud du pays. Ces accidents provoquent la

raréfaction de plusieurs espèces de reptiles, notamment les couleuvres, dont la grande taille les empêche de traverser rapidement la route lors de leur passage, ce qui les expose aux dangers des véhicules.

Durant la nuit, en plus du risque auquel sont exposés les animaux ci-dessus évoqués, les éclairages des véhicules affectent sans aucune distinction la faune entomologique. En plus de la mort par collision, le secteur du transport affecte la biodiversité terrestre par le bruit. Ainsi, les voies de circulation (axes routiers, autoroutiers et ferroviaires) occasionnent, par le bruit qu'ils provoquent, une profonde perturbation de la faune, notamment des oiseaux. Cette perturbation a surtout le plus d'impacts durant la période de reproduction des espèces animales. D'autre part, l'importance du flux de circulation sur les voies routières et sur les voies ferroviaires crée un comportement éthologique chez l'animal, qui s'armera de prudence lors de sa traversée des voies de circulation.

La figure ci-dessous illustre les différents impacts du secteur du transport sur la biodiversité. Cet effet est néanmoins variable selon les régions, le climat et la diversité spécifique. Néanmoins, cet impact est de loin largement inférieur à celui qui est provoqué par le secteur agricole ou le secteur industriel sur la perte de la biodiversité en Tunisie.

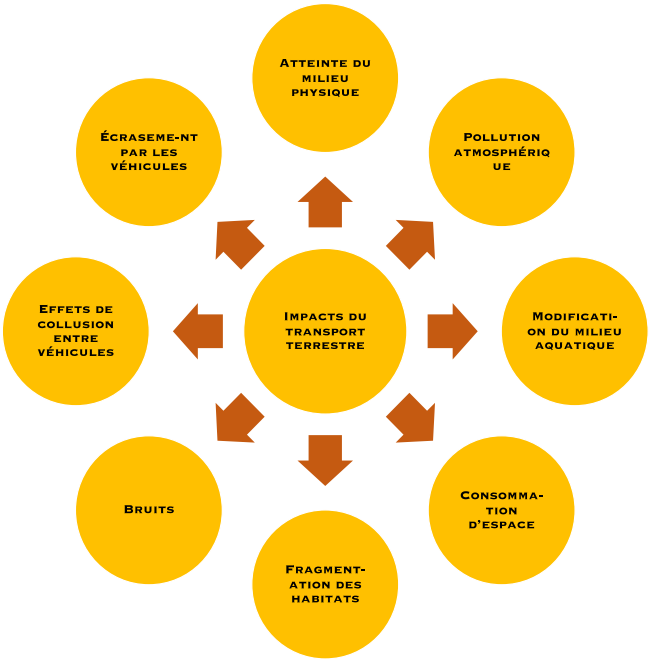


Figure 78 : Différents impacts du transport sur la biodiversité

4.3. TOURISME

4.3.1. INTRODUCTION

Il est à rappeler qu'aujourd'hui, le tourisme et la biodiversité sont étroitement liés l'un à l'autre. En effet, les milieux littoraux, les zones montagneuses, les cours d'eau, les forêts et les régions sahariennes attirent les touristes partout dans le monde. À ce niveau, la biodiversité joue un rôle différent selon le type de tourisme, selon le type de milieu et d'écosystème concerné. Le tourisme est donc tributaire sous toutes ses formes de sources naturelles d'approvisionnement en nourriture, en eau potable et en d'autres « services écosystémiques » qui dépendent en définitive de la biodiversité.

Pour la plupart des autres formes de tourisme (tourisme scientifique, balades pédestres, escalades, randonnées, etc.), la biodiversité contribue sensiblement à l'attrait et à la qualité des destinations et, par conséquent, à leur compétitivité : la qualité des eaux sur les côtes, le type d'aménagements littoraux, et la végétation naturelle, par exemple, sont des services écosystémiques, qui contribuent

à l'attractivité des destinations touristiques. La biodiversité représente, dans ce cas, un élément d'attraction direct au centre de produits du tourisme de nature, tels que l'observation des animaux sauvages, la plongée sous-marine, l'observation de la flore sauvage, ou aussi le tourisme dans les aires protégées.

Cependant, la biodiversité subit des pressions non seulement en Tunisie, mais aussi à travers toutes les destinations touristiques du monde, et accuse de fortes pertes du fait que de plus en plus d'espaces naturels sont transformés pour les besoins des activités humaines, et que ces activités gagnent en intensité. En 2005, l'évaluation des écosystèmes par les Nations unies (Organisation des Nations Unies) pour le Millénaire a abouti à la conclusion que les activités humaines menaçaient la capacité de la Terre à faire vivre les générations futures.

Le défrichement de terres et la destruction des habitats naturels pour des aménagements touristiques, comme celles qui sont fréquentes en Tunisie (unités hôtelières et de restauration, terrains pour des activités sportives touristiques, Aqua Park, etc.), contribuent à ces pertes, en particulier dans les zones côtières et littorales, les régions sahariennes et les milieux montagneux. Les aménagements mal étudiés affectent les mécanismes de défenses naturelles sur les côtes (cas de la suppression des dunes côtières, qui constituent normalement des barrières naturelles à l'effet de la marée), les rendent de plus en plus vulnérables face aux tempêtes, ou endommagent la végétation et les sols des montagnes, en les rendant plus sensibles à l'érosion, et en augmentant les risques d'inondation.

Des problèmes sont également créés par les nombreux touristes qui s'intéressent à des lieux riches en biodiversité mais fragiles, et qui souhaitent s'y rendre. Les récifs coralliens, par exemple, se dégradent facilement sur les sites de plongée autonome très fréquentés, et les piétinements des visiteurs peuvent avoir pour effet de transformer, voire de détruire, la végétation en milieu littoral et en milieu montagneux. Selon des estimations actuelles, 60 % de la surface terrestre servent à une utilisation humaine quelconque. La perte de biodiversité qui accompagne cette intensification de l'exploitation de l'environnement par l'homme se mesure par la disparition d'écosystèmes clés comme les forêts, les zones humides ou les récifs coralliens, et par le nombre croissant d'espèces menacées d'extinction ou déjà éteintes. Le rythme d'extinction des espèces serait aujourd'hui 1 000 fois supérieur au rythme naturel et les écosystèmes se portent moins bien.

La perte de biodiversité est un problème important aujourd'hui, reconnu au niveau international. Les écosystèmes en bonne santé remplissent des fonctions capitales, qui maintiennent l'équilibre écologique au sein des écosystèmes. La perte de ces écosystèmes et des espèces qu'ils abritent entraîne la disparition de leurs fonctions de soutien. Les forêts et la végétation naturelles, par exemple, contribuent au stockage naturel de l'eau dans les bassins versants, ainsi que le stockage du carbone. La destruction de ces forêts accroît le risque d'inondation, d'érosion et de sécheresse, du fait que la fonction naturelle de stockage de l'eau qu'elles remplissent disparaît. En outre, dans les océans, la pêche intensive pratiquée en de nombreux endroits a provoqué une forte contraction des stocks de poissons et réduit les réserves de nourriture dont ils ont besoin.

Selon plusieurs cas, la perte de biodiversité entraîne de graves conséquences économiques, dues au coût des dommages qui en résultent (baisse des rendements dans la pêche, déclin du tourisme dans des destinations qui perdent de leur attrait pour les visiteurs, etc.). Les moyens techniques qui peuvent exister pour réparer les dommages se révèlent généralement bien plus coûteux et moins efficaces qu'une protection de la biodiversité dès le départ ; et, dans de nombreux cas, les solutions techniques sont soit absentes, soit irréalisables face à l'ampleur des remèdes nécessaires. Parce que les services écosystémiques et la biodiversité sont vitaux pour le tourisme, il convient que les destinations et le secteur touristique protègent ces actifs précieux, qui contribuent au tourisme sur le long terme. D'autre part, le tourisme s'avère une motivation réelle pour les actions de conservation quand la biodiversité constitue un atout important de la destination. La protection de la biodiversité et des services écosystémiques relève donc d'une responsabilité partagée, qui requiert une

coordination d'abord à l'intérieur du secteur touristique, ainsi qu'entre ce dernier et d'autres secteurs, dont l'administration, la société civile et les ONG. Elle doit notamment s'appuyer sur des cadres d'action clairement définis, par exemple des plans nationaux pour un tourisme durable ou des stratégies nationales en faveur de la diversité biologique.

Sachant que le tourisme constitue l'un des piliers de l'économie nationale, et considérant le développement et la diversification de ce secteur dans le pays, on présentera, dans les paragraphes qui suivent, l'impact de ce secteur sur la perte de la biodiversité en Tunisie.

4.3.2. IMPORTANCE DU SECTEUR DU TOURISME EN TUNISIE

La position géographique de la Tunisie au sud du bassin méditerranéen, avec plus que 1 300 kilomètres de côtes en grande partie sablonneuses, un climat tempéré doux, avec un hiver modérément pluvieux et un été chaud, constitue une destination très recherchée par le touriste européen. À côté de cela, la Tunisie dispose de paysages splendides (Figure 79) et d'un tissu archéologique et culturel, issu des diverses civilisations qui ont existé dans le pays. À ce propos, un minimum de 8 à 10 sites sont inscrits au patrimoine mondial de l'Unesco. En outre, la proximité de la Tunisie de l'Europe lui confère le statut de destination privilégiée.

Figure 79 : Paysage splendide, indicateur d'un exemple de paysage en Tunisie
(Source : https://www.tanitjobs.com/blog/180/Le-tourisme-en-Tunisie.html/)

Pour une meilleure valorisation socio-économique de ces caractéristiques, la Tunisie a misé sur le tourisme balnéaire à caractère international et de masse, qui est devenu un des piliers de l'économie nationale (6 % au PIB). Du point de vue de l'effort d'emploi, le tourisme employait directement plus que 300 000 personnes et indirectement plus que 200 000 personnes. Brideaux (2009) a utilisé les concepts «système touristique mondial » et «système touristique global» pour mettre en exergue l'évolution des espaces touristiques, sous l'effet des changements économiques et climatiques, dans le monde.

D'autre part, le tourisme tunisien, qui date de la période coloniale, a été prioritaire dans les politiques de développement de l'État, depuis son indépendance en 1956, afin de contribuer aux entrées de devises et, ainsi à l'équilibre de la balance de paiement (Vidal et al., 2007). D'ailleurs, la Tunisie a déjà hérité de près de 700 lits hôteliers de la période coloniale (Vidal et al., 2007). Cette politique de développement touristique international, qui n'a pas été précédée d'une planification spatiale, a été à l'origine de l'éparpillement des établissements et unités hôtelières, notamment sur le littoral (Miossec, 1996 in Hellal, 2020). Malgré l'absence d'une conception claire des espaces qui accueillent ces hôtels, l'implantation de ceux-ci révèle une certaine harmonie avec l'environnement naturel et urbanistique.

En effet, durant les années 1970, il y a eu la mise en place d'une série d'hôtels, qui se sont structurés parallèlement à la ligne du rivage, depuis la région de Bizerte jusqu'à la région de Zarzis. Elles ont été aménagées en vue de développer le tourisme balnéaire de masse, en ouvrant des enclaves touristiques en l'absence d'espaces publics et d'équipements d'animation dans ces zones. Le

nouveau concept de « station intégrée » est venu pallier ces lacunes d'aménagement des espaces touristiques liées à la technique de zonage.

En fait, le contexte des années 1980 et 1990 illustre l'apparition de nouveaux acteurs de l'aménagement touristique, notamment ceux qui soutiennent le principe du développement et du tourisme durable : Ministère chargé de l'Environnement, créé en 1989 ; Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE), créée en 1988 ; Agence de Protection et d'Aménagement du littoral (APAL), créée en 1995.

Le manque de vision prospective, ainsi que la prééminence des enjeux économiques dans le développement touristique, ont engendré des stations touristiques sur-urbanisées (Marina de Tabarka, Marina de Bizerte en cours de réalisation, Marina de Yasmine Hammamet, Marina de Kantaoui, Marina de Monastir, et Marina de Djerba). Ajoutées aux unités hôtelières individuelles, ces stations touristiques ont exercé une emprise sans précédent sur l'environnement.

D'après l'Institut national des statistiques (2019), le tissu touristique tunisien est actuellement composé de plus que 850 unités hôtelière classées (Figure 80). Ces hôtels sont majoritairement implantés en zone côtière et littorale, depuis la ville de Tabarka, jusqu'à la zone de Zarzis. Parallèlement, en zone continentale, plusieurs unités hôtelières ont été construites dans les régions de Tozeur-Nefta, Kébili-Douz, Tataouine, Kairouan, Gafsa et Ain Draham.

En outre, d'après cette répartition, on remarque une exploitation intense des paysages littoraux et côtiers, ce qui engendre une forte pression sur les écosystèmes et la biodiversité. C'est ce qu'on présentera dans les paragraphes qui suivent.

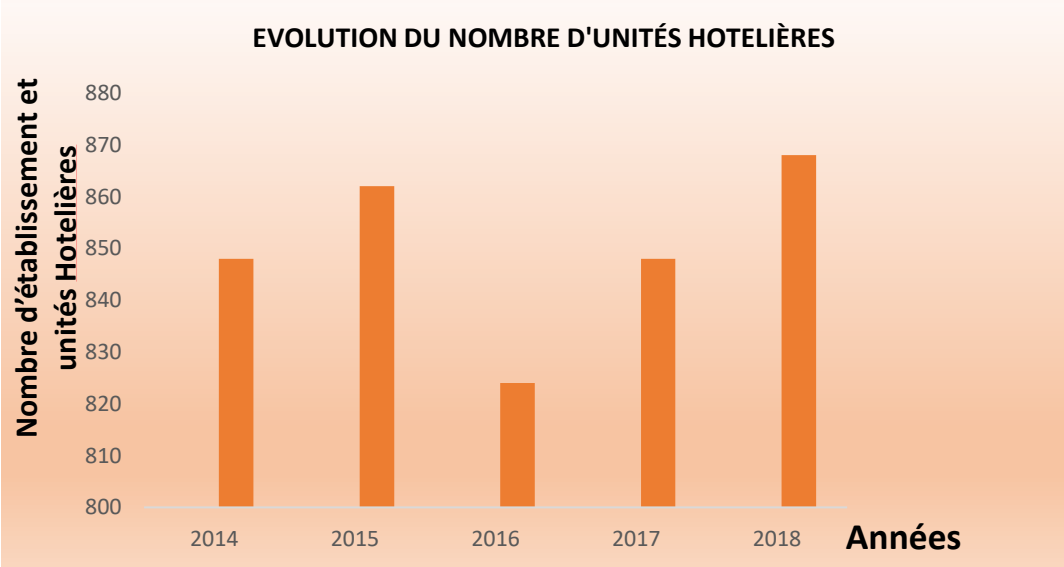


Figure 80 : Importance du secteur hôtelier en Tunisie (INS, 2019)

4.3.3. IMPACT DU SECTEUR DU TOURISME SUR LA BIODIVERSITÉ EN TUNISIE

Bien que le secteur du tourisme soit important pour l'économie nationale, les activités touristiques furent considérées comme l'une des principales activités ayant déjà pesé sur les écosystèmes littoraux. Aujourd'hui, ce secteur se caractérise plutôt par une consommation assez importante d'eau et une certaine menace pour les espèces. Le tourisme et les activités de loisir affectent la végétation, le sol et la faune directement ou indirectement (Buckley, 2004). Parmi les impacts négatifs résultant de l'augmentation des activités touristiques, on trouve la perte de biodiversité.

Le tourisme côtier constitue une source de dérangement pour de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau en Tunisie. Une étude effectuée sur la répartition des oiseaux d'eau dans le Golfe de Gabès (Hamza, 2020) a révélé que la richesse totale des oiseaux d'eau, la richesse des limicoles, ainsi que la richesse des grands échassiers diminuent dans les sites fréquentés par les humains pour la recréation

et les loisirs (Figure 81). En effet, ces espèces perçoivent les humains comme des prédateurs (Hamza, 2020).

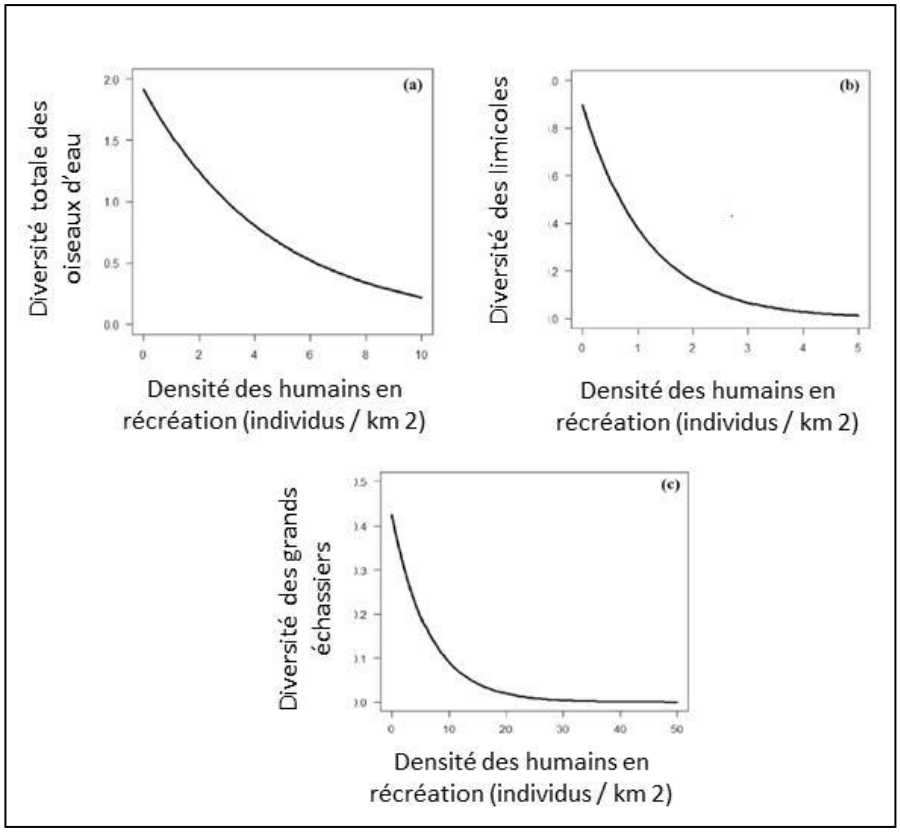


Figure 81 : Effet de la densité des humains en récréation sur la richesse totale des oiseaux d'eau, la richesse des limicoles et la richesse des grands échassiers (Hamza, 2020)

Outre ces effets sur la biodiversité, le tourisme peut avoir des effets négatifs sur l'écosystème. Par exemple, selon l'association de sauvegarde de l'ile de Djerba (ASSIDJE), les principales menaces pour la baie de Ras Er R'Mel proviennent essentiellement de (i) la construction de l'hôtel Athénée Palace, (ii) l'aménagement d'une route d'accès pour les touristes, (iii) l'exploitation du site par les organisateurs des excursions, ce qui dégrade l'écosystème et la biodiversité animale et végétale.

En outre, l'activité touristique génère des quantités importantes de déchets solides et d'eaux usées évacuées en mer, ce qui constitue une menace sérieuse pour de nombreuses espèces. Le rapport national sur l'état de l'environnement (2001) signale que parmi les 1 300 km de côtes, 80 km étaient occupés par les établissements touristiques en 1994. La concentration de la majorité des activités touristiques dans les régions du littoral engendre des problèmes environnementaux dont le déséquilibre de l'écosystème, l'érosion du littoral et la dégradation de la flore naturelle du fait de l'extension des constructions, de la disparition du sable des plages et des dunes de sable, la dégradation des paysages du littoral.

D'après une excellente étude réalisée par Hzami & al, (2021), ayant porté sur la vulnérabilité des côtes arides méditerranéennes, dont celles de la Tunisie, ces auteurs signalent que ces côtes tunisiennes sont très vulnérables (48 %) à vulnérables (42 %) (Figure 82A). Donc toutes les actions d'anthropisation, notamment d'urbanisation touristique et non touristique, notamment celles qui ne sont pas adéquatement programmées, auront de graves répercussions sur la stabilité géomorphologique littorale. Parallèlement, cette urbanisation et anthropisation affectera incontestablement la biodiversité (faune et flore) dans ces habitats dunaires côtiers, très fragiles, et le plus souvent peuplés par *Ammophilla arenaria* et *Euphorbia paralias*. La faune dans ce milieu est

à son tour vulnérable et spécifiquement assez diversifiée. D'ailleurs, cette côte sableuse constitue, d'après une étude du RAC/SPA (2020), des sites potentiels pour la nidification de la tortue marine (*Caretta caretta*) (Figure 82B), espèce très vulnérable d'après le statut de conservation de l'UICN (2011).

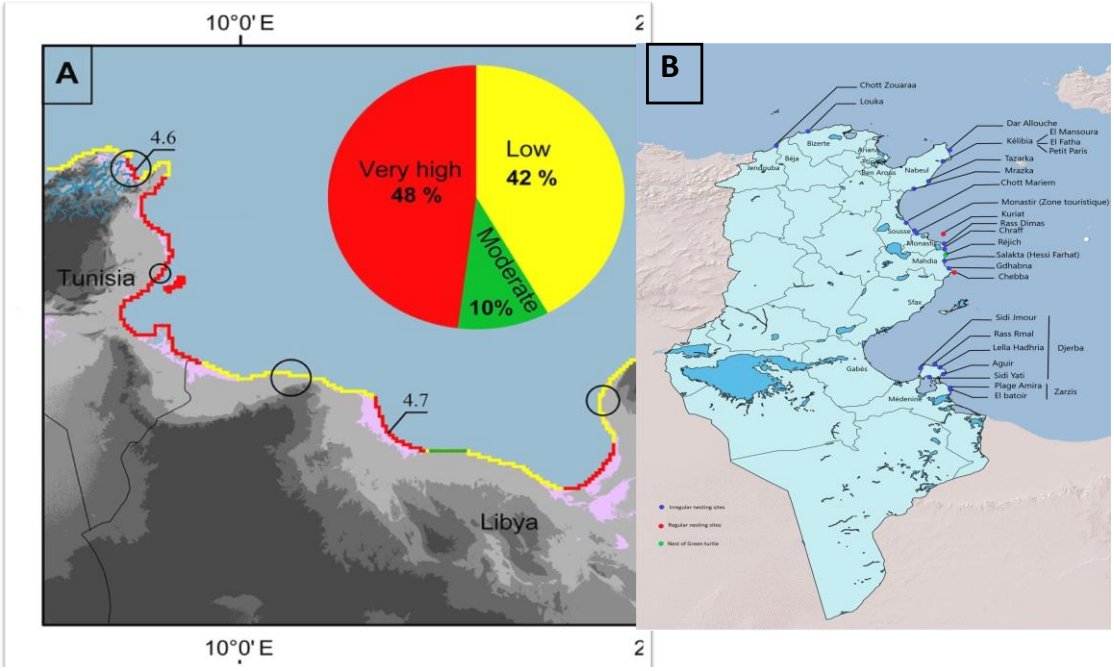


Figure 82 : Vulnérabilité des côtes tunisiennes (A), d'après Hzami & al (2021), et sites de nidification de la Tortue marine (B) d'après le RAC/ASPA (2020)

D'autre part, l'une des principales caractéristiques du tourisme est la forte consommation d'eau. Celle-ci est quotidiennement estimée à 480 litres/individu, soit 9 fois la moyenne nationale située en deçà de 53 litres. Considérant la moyenne annuelle de 6 millions de nuitées de tourisme accomplies en Tunisie, la consommation totale en eau serait d'environ 2,9 milliards de m^3 consommés. Ceci représente une quantité d'eau monumentale pour un pays aride comme la Tunisie, souffrant de déficit pluviométrique chronique.

En ce qui concerne l'impact direct du tourisme sur la biodiversité, tel qu'on peut le remarquer sur la figure ci-dessous, ses effets sont nombreux et diversifiés. Ainsi, les randonnées et les excursions organisées de ce tourisme de masse, dans les milieux dunaires littoraux, fragiles et à équilibre précaire, provoquent la perturbation et le piétinement des habitats. Des espèces très vulnérables, comme la tortue marine (*Caretta caretta*) qui nidifie sur les plages sableuses (Figure 82B) le long des côtes tunisiennes (Jribi et al, 2002a ; Jribi et al, 2002b ; Jribi et al, 2002c ; Jribi et al, 2006 ; Ben Hassine et al, 2011 ; Jribi, 2017 ; Hrizi, 2019 et SPA/RAC, 2020), sont souvent victimes de ce piétinement. De même, les dunes côtières difficilement fixées sont détruites sous l'effet de l'urbanisation et des constructions des unités touristiques et autres, ce qui expose la ligne de côte aux risques de l'érosion littorale et à l'effet de la marée. Des phénomènes érosifs sont à ce propos couramment observés ; on cite le dernier qui, ayant touché le littoral de la zone touristique de Mahdia en 2016-2017, a fait des dégâts considérables au niveau de la route de la corniche. Enfin, pour le tourisme de masse, les visiteurs occasionnent souvent des actions d'invasions par le transport volontaire ou non des ressources génétiques allochtones, susceptibles de provoquer des pollutions génétiques (Figure 83).

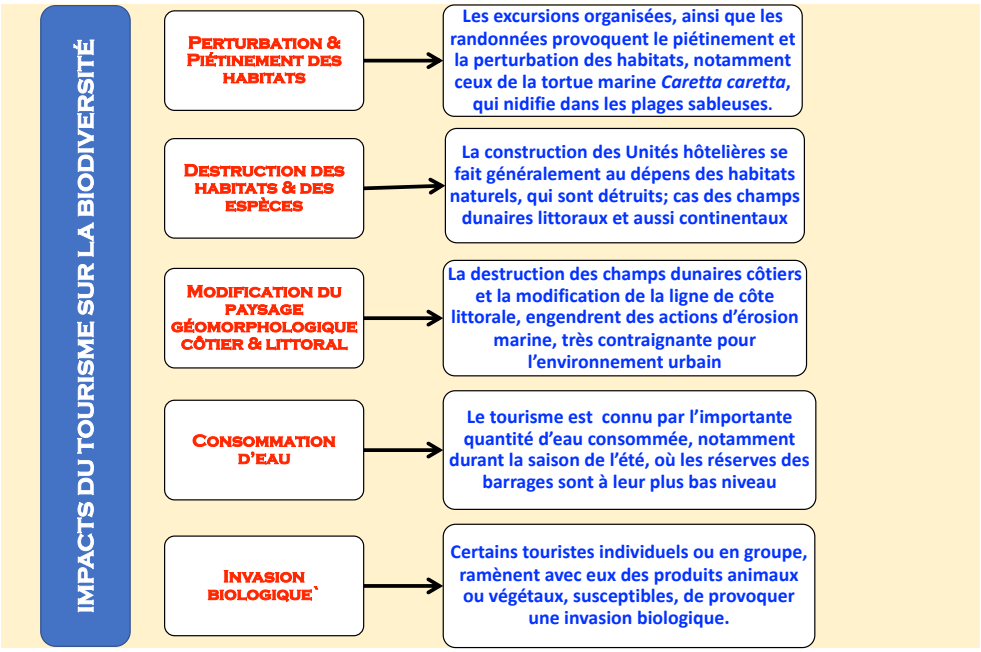


Figure 83 : Impacts divers du tourisme sur la biodiversité et son habitat en Tunisie

En ce qui concerne le tourisme de masse en zones continentales, on observe le même phénomène, notamment la destruction des habitats et des espèces. À titre d'exemple, plusieurs unités hôtelières ont été construites dans des milieux dunaires des régions naturelles continentales du Djerid (Tozeur-Nefta) et du Nefzaoua (Douz). L'intensité des vents de sable observés dans ces régions provoque d'importants phénomènes d'érosions éoliennes, où le sable transporté par le vent provoquera l'ensevelissement des infrastructures. De même, dans ces régions sahariennes marquées par un déficit pluviométrique permanent, et où l'eau est rare, la consommation d'eau par le tourisme est très contraignante pour l'agriculture, puisqu'elle se fait aux dépens de l'irrigation des milieux oasiens.

Enfin, la pratique du Quad, sport couramment pratiqué ces dernières années sur les dunes continentales non fixées et fragiles, est désastreux pour les habitats et la biodiversité saharienne. L'impact de ces engins sur le milieu et les espèces est irréversible. C'est ainsi qu'il est nécessairement urgent de mettre fin à cette pratique, afin de ne pas trop endommager la biodiversité saharienne, rare et vulnérable.

4.4. SANTÉ

4.4.1. INTRODUCTION

La Conférence des parties, à la Convention sur la biodiversité biologique lors de la quatorzième réunion à Sharm El-Sheikh (Égypte) au mois de novembre 2018, a validé le lien étroit entre la diversité biologique et santé.

Aujourd'hui, la santé publique constitue un enjeu crucial pour l'humanité. En effet, considérant les multiples interactions entre la biodiversité et la santé humaine, l'érosion génétique à laquelle on assiste actuellement entraîne une recrudescence des risques pour la santé humaine. Il est donc indispensable de mettre en place des mesures urgentes pour la préservation de la biodiversité et des services écosystémiques. De telles mesures permettront de prévenir de nombreux problèmes sanitaires.

Au-delà de l'aspect sanitaire, la biodiversité agit sur le bien-être de l'humanité à travers de nombreux canaux, qu'ils soient psychologiques, cognitifs, culturels ou encore sociaux (Garrigues & Abadie, 2019).

Il est aussi nécessaire de faire prendre conscience des impacts de notre système de santé sur la biodiversité, et des répercussions occasionnées sur la santé humaine. Si l'élaboration de médicaments a des impacts substantiels sur la biodiversité (surexploitation des espèces, modification des aires géographiques), le rejet dans la nature de résidus médicamenteux issus du processus de fabrication des médicaments ou de leur consommation altère plus largement l'ensemble des écosystèmes (dérèglement du système métabolique des êtres vivants, malformations, mortalité directe, antibiorésistance, etc.).

En outre, le secteur de la santé utilise de l'énergie en quantité, consomme d'importantes ressources (plastiques, papier, eau, etc.) et produit de nombreux déchets. Outre ces impacts ''classiques'', les activités de soin génèrent aussi des nuisances spécifiques : production de déchets issus des activités de soins à risque infectieux, stockage et utilisation de produits dangereux, rejets liquides spécifiques (activités de laboratoire, de soins, de stérilisation, etc.). L'impact sur l'environnement des actes de soin n'est pas non plus évalué. La généralisation des usages uniques et des dosettes individuelles est pourtant fortement génératrice de déchets qui pourraient être évités. Un médicament qui pourrait être dispensé sous forme de cachet est désormais distribué sous forme de dose individuelle en verre et administré avec une seringue, les maternités ont généralisé l'emploi de biberons jetables, etc.

Outre ces pollutions classiques, du fait de son rôle particulier d'activités de soin, le secteur de la santé est à l'origine de pollutions particulières, qui nécessitent des solutions particulières, comme celle qui est prévue pour l'élimination des Déchets d'activité de soins à risques infectieux.

L'une des priorités réside aujourd'hui dans la gestion des effluents liquides des établissements hospitaliers, de santé. Les substances rejetées dans les milieux aquatiques quotidiennement (résidus médicamenteux notamment) sont soupçonnées d'être à l'origine de diminutions importantes de la faune aquatique et d'une féminisation de certaines populations. Un plan national sur les résidus médicamenteux dans l'eau doit être mis en place. L'objectif de ce plan est d'améliorer la connaissance et de réduire les risques liés aux rejets de médicaments dans l'environnement. À titre d'exemple, en Suède, les produits pharmaceutiques sont désormais étiquetés selon leurs niveaux de persistance, de bioaccumulation et de toxicité. Si, sur le terrain, des initiatives se développent pour gérer les consommations d'eau, la production de déchets, etc., il devient primordial que le secteur de la santé s'interroge sur son impact environnemental et sanitaire.

Dans les paragraphes qui suivent, on développera l'impact du secteur de la santé sur la biodiversité en Tunisie.

4.4.2. IMPORTANCE DES PLANTES MÉDICINALES ET AROMATIQUES EN TUNISIE

Signalons que ce secteur de ressources génétiques des plantes aromatiques et médicinales revêt une importance de plus en plus capitale depuis ces dernières années. En effet, selon une étude réalisée en Tunisie (AGRO-SERVICES, 2013), la contribution de filière des PAM à l'économie nationale est la suivante :

- Contribution à la valeur de la production agricole tunisienne à un taux de 0,8 % en moyenne
- Contribution à l'effort des exportations des produits agricoles végétaux avec 1 %
- Contribution à l'effort de l'emploi avec l'équivalent de 250 000 de jours de travail par an, ce qui correspond à 0,9 % des jours de travail du secteur agricole.

L'importante diversité des conditions climatiques et pédologiques de la Tunisie, ainsi que sa position biogéographique saharo-méditerranéenne, lui confère une place de choix pour le développement d'une flore riche et diversifiée, comprenant un important potentiel en plantes aromatiques et médicinales (PAM). Parmi les plantes médicinales spontanées de la Tunisie, le Romarin (*Rosmarinus officinalis*) et le Myrte (*Myrtus communis*) constituent les seules rares espèces spontanées, exploitées de manière officielle, pour la distillation et l'extraction des huiles essentielles (HE). On estime ainsi à environ 346 000 ha les formations végétales naturelles de Romarin. Sur cette superficie, environ 160 000 ha sont annuellement exploitables. D'autre part, les formations de Myrte couvrent en Tunisie environ 40 000 ha. Sur cette superficie, 22 000 ha sont mis en vente chaque année, dont seulement environ 10 000 ha sont exploités (AGRO-SERVICES, 2013).

Au niveau des PAM cultivées, les superficies de cette catégorie de plantes évoluent mais de façon relativement lente, et ce en raison de différents facteurs, dont surtout l'absence d'une stratégie claire de développement de la filière. Ainsi, la superficie totale réservée à la culture des plantes médicinales est estimée à environ 1 396 ha en 2011, contre 911 ha en 2002, soit une augmentation d'environ 53 % (AGROSERVICES, 2013). Le bigaradier (*Citrus aurantium*) et les Rosiers (*Rosa x damescena*) détiennent la grande part dans les superficies de ces cultures, et leur contribution avoisinerait 80 % de la superficie totale en 2011. D'autre part, la superficie du Géranium (*Pelargonium graveolens*) et de la Menthe douce (*Mentha spicata*) n'a cessé de croître depuis 2002, passant de ce fait de 60 ha à environ 287 ha en 2011. L'Églantier (*Rosa canina*), la Marjolaine (*Origanum majorana*), la Menthe poivrée (*Mentha × piperita*) et la Sauge officinale (*Salvia officinalis*) ont connu une évolution importante de leurs surfaces cultivées depuis 2009.

Au niveau du nombre de producteurs des plantes médicinales en Tunisie, ce nombre a connu une importante évolution en passant, en une décennie, de 467 producteurs à environ 700 producteurs en 2011. Pour les plantes aromatiques ou condiments, leur superficie est en évolution continue depuis 2002, passant de 1 274 ha en 2002 à 3 154 ha en 2011. Il s'agit d'une augmentation de 147 %. Les principales cultures pratiquées, qui sont au nombre de 29, sont la coriandre, le carvi, le cumin, le fenouil, et la corrette (*Corchorus olitorius*), dont le nom vernaculaire est ''M'loukhia''. Le carvi et la coriandre occupent à eux seuls environ 80 % de la superficie emblavée. La région du Cap Bon est par excellence la principale région productrice de condiments, avec 63 % des emblavures. La coriandre (*Coriandrum sativum*) constitue la principale culture avec 50 % des superficies.

Par ailleurs, les superficies des cultures des PAMs biologiques sont passées de 750 ha en 2007 à 1 000 ha en 2011, soit une augmentation d'environ 33 %. La superficie exploitée des PAM spontanées biologiques est estimée à environ 115 000 ha en 2011. La production des sous-produits des PAMs biologiques a connu une nette tendance à la hausse au cours des dernières années.

En ce qui concerne la production, on y enregistre une évolution d'environ 1 200 tonnes en 2009, à environ 20 000 tonnes en 2011. Les exportations des produits PAM Biologiques ont à leur tour enregistré un accroissement manifeste entre 2009 et 2011. En matière de rentabilité, cette exportation est passée de 1MD en 2007 à 5,55 MD en 2011, soit une croissance annuelle moyenne de l'ordre de 100 %.

Par ailleurs, en 2011, les plantes aromatiques et médicinales biologiques fraiches et séchées sont les produits les plus exportés par la Tunisie. Ces produits sous toutes leurs formes (feuilles, boutons de fleurs, écorces, graines) représentent environ 73 % des exportations en matière de plantes médicinales biologiques. En 2011, la production tunisienne de fleurs d'orangers a été de l'ordre de 1 350 tonnes, contre 1 280 tonnes en 2007 (AGRO-SERVICES, 2013). Ces fleurs sont transformées à 70 % par les industriels en essence de néroli et eau de fleur, alors que les 30 % restants sont écoulés auprès des ménages tunisiens pour la production d'eau de fleur, consommée en Tunisie essentiellement pour la pâtisserie et à des fins thérapeutiques. Avec une production moyenne de 1 350 kg de néroli au cours des cinq dernières années, **la Tunisie représente le premier producteur mondial de cette essence**. La production moyenne annuelle de Romarin est estimée à près de 27 000 tonnes de branches feuillées.
Sur l'ensemble des huiles essentielles (HE) produites par la Tunisie, le Romarin occupe la première place avec une moyenne annuelle de 108 tonnes, soit 41 % de la production totale.

La production des plantes aromatiques ou condiments a évolué d'une façon proportionnelle avec les superficies. En 2011, les productions de condiments ont atteint 4 558 tonnes. La coriandre et le carvi représentent 56 et 28 % de cette production respectivement.

Les PAM tunisiennes se vendent essentiellement sous les formes séchée, fraiche, graines, HE et eaux florales. Ces produits sont commercialisés principalement à travers les grandes surfaces commerciales, les herboristes traditionnels (Figure 84), les magasins spécialisés, les marchés hebdomadaires des villages, les épiceries fines et les foires nationales organisées chaque année dans plusieurs régions du pays. La filière plantes aromatiques et médicinales se distingue des autres activités économiques par la diversité des intervenants, qui sont constitués des opérateurs économiques suivants :

- Agriculteurs producteurs,
- Collecteurs,
- Guérisseurs traditionnels
- Négociants,
- Herboristes,
- Conditionneurs,
- Transformateurs,
- Laboratoires pharmaceutiques,
- Laboratoires de recherche,
- Entreprises spécialisées dans les parfums et les cosmétiques,
- Exportateurs,
- Agences de promotion de l'investissement,
- Organisations professionnelles.

Au niveau exportation, celle des produits PAM a augmenté significativement sur une longue période sous l'effet d'une évolution des prix globalement favorable et d'une certaine diversification des produits. Les principaux produits exportés et représentant 97,5 % de l'ensemble de la filière sont ainsi :

- Le Néroli,
- Le Romarin,
- L'HE d'orange,
- Autres HE,
- Les Eaux de fleurs d'orange,
- L'HE de Myrte et
- Les Eaux de fleurs de rose.

Figure 84 : Ampleur de la filière d'exploitation des plantes médicinales et aromatiques en Tunisie

Les exportations de la Tunisie, qui est classée **32e exportateur mondial des HE**, connaissent une baisse en valeur (dollars) sur la période 2007-2011. Les principaux clients de la Tunisie sont : la France, l'Espagne, l'Italie, le Royaume-Uni, l'Allemagne, les États-Unis d'Amérique et les pays maghrébins. Les exportations de la Tunisie en HE et Eaux florales sont estimées en 2011 à environ 16 MD. Ces produits sont surtout exportés vers la France (67 %), l'Espagne (7 %), et le Royaume-Uni (6 %).

Par ailleurs, les PAM sont expédiées principalement aux laboratoires, aux fabricants de cosmétiques, et à l'agro-industrie, ainsi qu'aux Maghrébins du sud de la Méditerranée et ceux résidant en Europe pour ce qui concerne les condiments. En revanche, les importations des plantes aromatiques et médicinales ont connu une nette progression, sans qu'elles dépassent pour autant celle des exportations. Elles se caractérisent par la plus grande diversification des fournisseurs dont les principaux sont : (i) quatre pays européens (France, Espagne, Italie, Allemagne), (ii) trois pays arabes (Égypte, Syrie, Maroc) et (iii) trois pays asiatiques (Chine, Inde et Indonésie).

Les importations, estimées en 2011 à 6,4 MD, se caractérisent par leur fluctuation d'une année à l'autre. Elles sont composées principalement de l'HE de menthe, de citron, de lavande et lavandin. Les principaux fournisseurs de la Tunisie pour ces produits sont la France (29,9 %), l'Espagne (20,7 %) et l'Italie (18,9 %).

En plus des PAM ci-dessus évoquées, d'autres espèces spontanées sont utilisées pour leurs vertus thérapeutiques. L'usage de ces espèces, étant sporadique et non organisé, pourra conduire à leur raréfaction, voire à leur extinction. Parmi ces espèces, on cite la liste du tableau suivant :

Tableau 28 : Liste des espèces des plantes, inscrites sur la liste rouge de l'UINCN (REGNES)

N°	Nom Scientifique	Nom Français	Statut dans la liste rouge de l'IUCN
1	*Astragalus boeticus L.*	Astragale de Bétique	VU
2	*Centaurium pulchellum (Sw.) Druce*	Érythrée élégante	LC
3	*Cynomorium coccineum L.*	Éponge de Malte	EN
4	*Ephedra fragilis Desf.*	Ephedra major	LC
5	*Euphorbia terracina L.*	Euphorbe de Terracine	LC
6	*Hypecoum procumbens L.*	Cumin couché	NT
7	*Juncus acutus L.*	Jonc piquant	LC
8	*Juncus bufonius L.*	jonc des crapauds	LC
9	*Juniperus oxycedrus L.*	Genévrier Cade	LC
10	*Limoniastrum monopetalum (L.) Boiss.*	Grand statice	VU

11	*Medicago ciliaris L.*	Luzerne ciliée	VU
12	*Nigella arvensis L.*	Nigelle des Champs	CR
13	*Prasium majus L.*	Grand Prasium	VU
14	*Rumex tingitanus L.*	Rumex de Tanger	LC
15	*Silene coelirosa (L.) Godr.*	Silène rose-du-ciel	EN

4.4.3. USAGE DE LA BIODIVERSITÉ DANS LE SECTEUR DE LA SANTÉ : INSTITUT PASTEUR DE TUNIS

En Tunisie, l'Institut Pasteur (IP) est chargé de la production de vaccins et sérums pour les besoins du pays. Plusieurs sérums thérapeutiques sont ainsi produits tels que le sérum anti-scorpionique (SAS) et le sérum anti-vipérin (SAV).

La collecte des scorpions et des vipères pour la production du sérum constitue une menace pour ces espèces. En effet, pour obtenir du sérum brut, il faut environ 500 à 600 individus de scorpions pour chaque millilitre de sérum produit. Autrement dit un total de 50 000 individus de scorpions sont nécessaires pour la production de 100 millilitres de sérum. Le ravitaillement de l'IP en scorpions se fait de façon hebdomadaire. Il est de l'ordre de 20 à 30 000 individus de scorpions, durant une période d'environ 3 mois, soit entre 200 et 300 000 individus durant la saison de l'été. Pour les vipères, le nombre collecté est de l'ordre d'une cinquantaine d'individus.

Les scorpions sont représentés en Tunisie par quelques dizaines des espèces. Certaines espèces existent au nord, et d'autres espèces se trouvent uniquement au sud du pays. Le genre *Androctonus* compte parmi les scorpions les plus dangereux du monde; son venin est très toxique et les accidents sont généralement fréquents. Les deux espèces du sud du pays, les plus couramment collectées pour la production du sérum par l'Institut Pasteur sont : *Androctonus australis garzonii* et *Buthus occitanus tunetanus.*

Au niveau de la répartition géographique des espèces de scorpions, en général il y a plusieurs espèces du genre *Buthus,* qui sont reparties sur toute la Tunisie (nord, centre, sud). Néanmoins, certaines espèces des genres *Buthus* et *Androctonus* se trouvent essentiellement au sud du pays, en quantité plus importante. Ces espèces sont notamment collectées dans les régions de Sidi Bouzid, Kairouan, Sfax et Médenine. La saison de collecte correspond généralement à la période estivale (juin-septembre), puisque l'activité de ces espèces correspond plutôt à la saison de l'été.

En ce qui concerne les vipères, il existe 6 espèces en Tunisie. Les vipères étant des espèces des régions désertiques, leur distribution est essentiellement observée dans les Gouvernorats de Médenine, Tataouine, Kébili et Tozeur. Parmi les espèces les plus collectées pour la fabrication du sérum, on cite *Cerastes cerastes* (Vipère à cornes), *Cerastes vipera et Macrovipera lebetina*. La vipère à cornes (*C. cerastes*) est collectée au sud du pays. L'espèce *Lebetinus* se trouve plutôt au nord, centre et sud du pays,

4.4.4. IMPACT DU SECTEUR DE LA SANTÉ SUR LA BIODIVERSITÉ

Bien que la biodiversité et la santé soient interdépendantes, il y a lieu de signaler l'incontestable impact du secteur de la santé sur l'environnement physique et biologique. La valorisation des ressources biologiques à des fins médicales (Figure 85) constitue l'un des impacts les plus redoutables. Ainsi, en Tunisie, à l'heure actuelle, plusieurs laboratoires effectuent des recherches, notamment sur les vertus des espèces végétales. Ces laboratoires existent dans les différentes Universités tunisiennes (Université de Tunis, Université de Sousse, Université de Monastir, Université de Sfax, Université de Gabès et Université de Gafsa). Plusieurs espèces végétales, qu'elles soient spontanées ou cultivées, font l'objet d'actions de recherche, visant la connaissance des vertus des espèces, nonobstant le risque potentiel qui peut en découler sur la disparition de ces espèces. On

cite par exemple le cas d'*Ajuga iva*, espèce végétale rare, et ayant fait l'objet de plusieurs études (notamment ses vertus hypoglycémiantes et hypotensives), est totalement raréfiée en Tunisie. Ceci est aussi le cas de plusieurs autres espèces actuellement en exploitation phytothérapeutiques, comme le Myrte (*Myrtus communis*) et le Romarin (*Rosmarinus officinalis*). En dehors des ressources végétales, les ressources animales, comme les scorpions et les vipères, sont aussi menacées de raréfaction en raison de leur usage pour l'extraction des sérums. De même, certaines espèces de batraciens sont à leur tour menacées de raréfactions suite aux usages médicinaux.

L'extraction des substances naturelles, animales et végétales à des fins médicales constitue aussi un impact non négligeable sur la perte de la diversité biologique. Ce secteur est appelé à s'amplifier dans le proche avenir, ce qui pèsera lourdement sur la biodiversité et les risques de son érosion. C'est pour cela qu'il est nécessaire d'organiser dès que possible ce secteur. En outre, l'orientation vers la culture des PAM constitue le seul moyen d'alléger la pression sur les ressources génétiques naturelles, en vue de garantir leur préservation.

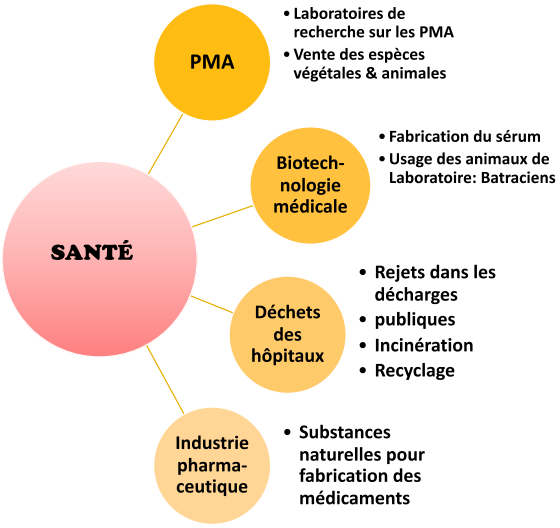


Figure 85 : Différents impacts du secteur de la santé sur la biodiversité et l'environnement

Dans le monde, le rejet de produits pharmaceutiques dans l'environnement présente des risques pour la santé humaine et la biodiversité. Des études ont montré que, depuis la seconde moitié du siècle dernier, les résidus de produits pharmaceutiques polluent l'environnement et ceux-ci peuvent avoir un effet négatif sur le métabolisme cellulaire, ainsi que sur le développement et la physiologie de différents organismes unicellulaires ou multicellulaires (Küster & Adler, 2014). Les résidus de produits pharmaceutiques ont été identifiés dans les micro-organismes, les plantes, les invertébrés et les vertébrés dans différents habitats et régions du monde (Loos et al., 2013 ; Quadra et al., 2016). En Tunisie, l'impact des déchets médicaux sur la biodiversité est malheureusement négligé. Aucune information chiffrée à propos des effets de ces déchets médicaux sur la biodiversité en Tunisie n'est pour le moment disponible. Ceci constitue une importante lacune qu'il faut absolument combler par la mise en place d'un programme de recherches et d'études. Ce problème est commun à tous les établissements hospitaliers de Tunisie. Pour ne donner qu'un exemple, on cite le cas des rejets hospitaliers de l'hôpital Charles Nicole qui sont couramment rejetés AEDS (2018), dans la Sebkha de Soliman.

4.5. EFFETS DES LIGNES ÉLECTRIQUES SUR LA BIODIVERSITÉ

Le besoin croissant d'accès à l'énergie nécessite l'installation de nouvelles lignes de transport (TL) de l'énergie électrique. En raison des longues distances entre les centrales électriques et les principales régions de consommation, l'électricité atteint les consommateurs par un vaste réseau de lignes de transport (haute tension) et de distribution (basse tension). Les lignes de transport diffèrent des lignes de distribution en prenant en charge des tensions plus élevées (de 69 kV à 800 kV), et s'étendent généralement sur de plus longues distances. Les lignes de transport peuvent avoir des impacts importants sur l'environnement à la fois durant les phases de construction et d'exploitation. Les impacts les plus évidents des lignes électriques sur l'environnement sont associés au droit de passage, la zone sous les câbles où la végétation est défrichée et gérée pour éviter les interférences et les risques pour les structures des lignes et/ou la transmission d'énergie. La présence d'une nouvelle structure dans le paysage, comme une ligne de transport d'électricité, est un obstacle physique pour certains organismes. Par exemple, les pistes d'accès des lignes électriques dans la partie orientale du massif du Jbel Hammamet ont engendré une perte d'habitat pour la biodiversité, due au changement d'occupation des sols le long des pistes (STEG, 2016). Ces pistes ont facilité aussi l'accessibilité des touristes avec des quads, ainsi que des braconniers à des zones naturelles, ce qui constitue une véritable menace pour la biodiversité dans cette région (STEG, 2016).

L'électrocution des oiseaux fait partie des réponses négatives aux lignes électriques. Ce phénomène a été observé principalement chez (1) les cigognes nichant sur les pylônes dans la zone irriguée du Henchir el Amrine, (2) les oiseaux d'eau (comme les foulques) de la Mejerda ou les oiseaux qui se déplacent le long de ce cours d'eau et (3) les oiseaux de grande taille (cigognes, rapaces de grande envergure) lors du franchissement des cols du massif du Jbel Hammamet et lors des mouvements perpendiculaires à la côte dans la région de El Houariya (STEG, 2016).

Un résultat courant de la création de nouveaux habitats par les lignes de transport est la colonisation par des espèces végétales envahissantes. En effet, les pylônes sont utilisés comme des perchoirs (site de repos) par les oiseaux disséminateurs de ces graines ; en outre, les sites sous les pylônes ne sont pas perturbés pendant plusieurs années, offrant de meilleures conditions pour le développement des plantes (Kurek et al., 2015). D'autre part, le transport de l'énergie électrique par les lignes de haute tension menace la santé des espèces animales. En effet, le champ magnétique fréquemment observé sous ces lignes menace la santé des animaux (sauvages et domestiques, y compris l'homme).

4.6. COMMERCE

4.6.1. COMMERCE ILLÉGAL D'ESPÈCES SAUVAGES (FAUNE ET FLORE)

Aujourd'hui, le commerce illégal d'espèces sauvages est un problème d'envergure internationale. En Tunisie, les produits commercialisés par les contrebandiers et les braconniers sont aussi nombreux que variés, on cite ainsi :

- Le caméléon commun, qui est chassé pour être vendu vivant ou empaillé. À ce propos, des revendeurs de cette espèce pratiquent depuis plusieurs années cette activité sur l'autoroute A1, et plus précisément sur le tronçon reliant Sousse à Tunis.
- Le fouette-queue et le varan du désert : la dernière espèce a un rôle écologique important, elle est connue pour être prédatrice des serpents et des vipères. La raréfaction du varan du désert entraine par la suite la prolifération des serpents et des vipères.
- La caouanne, qui est une espèce protégée en Tunisie et aussi menacée. Elle est capturée, surtout dans la région du sahel de Sousse et la région de Sfax (notamment les Kerkennahs), où sa viande est vendue dans les marchés de poissons.
- Le fennec, espèce rare et protégée en Tunisie, avec un statut UICN très vulnérable ; il est couramment collecté et vendu dans la région du Nefzaoua (Douz), nonobstant sa présence rarissime dans son biotope.
- La tortue terrestre, espèce également menacée : elle est aussi une espèce qui a toujours fait l'objet de commerce, au prétexte de son caractère d'espèce porte bonheur. De même, cette espèce est souvent commercialisée et lâchée dans les jardins des maisons particulières, comme prédateur des insectes et animaux nuisibles (scorpions, lézards, fourmis, etc.).

Parallèlement à ces actions de commerce de petite envergure, des actions de plus grande envergure sont souvent observées en Tunisie. On cite à ce propos le commerce transfrontalier des ruminants (ovins, caprins, bovins et camelins). Ce phénomène est extrêmement dangereux pour la biodiversité. Son impact apparaît à deux niveaux, à savoir :

- Érosion génétique par la disparition des ressources locales sous l'effet de la vente à l'étranger (vers des pays voisins), ainsi que sous l'effet de l'hybridation et du croisement entre les ressources génétiques autochtones et les ressources allochtones introduites.
- Érosion génétique sous l'effet des problèmes du parasitisme, et des germes pathologiques, introduits via le commerce transfrontalier. On cite à ce propos le problème de la Lucilie bouchère, qui a eu lieu en Libye vers la fin des années quatre-vingt et qui a constitué une grave menace du cheptel tunisien, si des mesures draconiennes n'avaient pas été prises à l'époque.

Le même phénomène est aussi visible au niveau des ressources phytogénétiques, dont le commerce transfrontalier constitue un très haut risque pour les ressources locales. L'exemple le plus spectaculairement frappant est celui du commerce des rejets de Palmier dattier, entre l'Algérie et la Tunisie. En effet, en absence de rejets disponibles en Tunisie, et afin de subvenir aux besoins des nouvelles plantations des palmeraies, des commerçants se procurent ce matériel en Algérie, via le commerce illégal. Or il est connu que les palmeraies algériennes sont contaminées par la très grave maladie du Bayoudh (*Fusarium oxysporum*), ce qui constitue **un très haut risque** de propagation de cette maladie au sein des palmeraies tunisiennes. Pour plus de détail à propos de cette maladie, il est à rappeler que toute infestation d'une quelconque palmeraie par la maladie du Bayoudh aboutira inéluctablement à la décimation entière et totale de la palmeraie infestée, tout en se propageant ensuite sur toute l'aire locale de la culture.

4.6.2. COMMERCE DE L'IMPORTATION DE SEMENCES

Un autre exemple mettant en cause le commerce en tant que moteur de l'érosion de la biodiversité en Tunisie est celui du commerce de l'importation des semences. En effet, avec le développement du secteur de la serriculture et l'emploi de variétés importées sous forme de semences sélectionnées, plusieurs espèces invasives ont été accidentellement introduites en Tunisie durant ces dernières décennies. L'exemple le pLus connu est celui de la Morelle (*Solanum elaeagnifolium*), qui fut introduit avec les semences des *Solanacea*e, notamment celles de la tomate (même genre scientifique). Initialement confinée dans la région du Sahel (où la culture sous serres était apparue), cette espèce invasive a aujourd'hui envahi tout le centre et le sud du pays. Son éradication se révèle très difficile, voire impossible, en raison de son potentiel invasif, par la forte production de semences, et aussi par son caractère d'espèce pérenne. Ce phénomène d'invasion biologique, lié au commerce international, concerne bien entendu diverses autres espèces. Il doit donc faire l'objet d'une attention très particulière au niveau des frontières.

4.7. FINANCES

La préservation de la biodiversité ne peut être réalisée qu'en intégrant les questions liées à l'environnement au cœur du processus de décision économique et financier, en particulier dans les processus de budgétisation publique et dans le secteur financier au sens large.

L'analyse des politiques du secteur bancaire a révélé qu'elles ne disposaient en général pas d'un système suffisant pour mesurer l'impact de leurs activités financières sur la biodiversité, une première étape pourtant nécessaire pour réduire leur impact négatif sur les écosystèmes.

Il serait désormais indispensable que les banques refusent un financement aux entreprises responsables des atteintes graves à l'environnement.

Le financement des projets peut engendrer indirectement des effets négatifs sur la biodiversité, tel que l'encouragement de projets agricultures intensives. On cite des cultures comme celle de l'olivier au détriment des oasis, ou aussi au détriment de formations végétales steppiques, comme les nappes d'alfa, qui sont plus que jamais menacées de disparition. Ainsi le financement de la valorisation des plantes aromatiques et leurs surexploitations pour l'extraction des huiles essentielles végétales ou bien l'importation d'autres espèces telles que l'Arganier présentent un danger potentiel de perte de la biodiversité.

Enfin, la commercialisation en ovins et caprins non autochtones et importés par les frontières terrestres du pays peut agir ainsi sur la biodiversité autochtone

4.8. CONCLUSIONS

L'analyse ci-dessus effectuée montre que le secteur des services impacte la biodiversité. En effet, sachant que l'économie des entreprises des services dépend généralement des services écosystémiques et de la biodiversité, leur impact sur cette dernière est indéniable. Toutefois, l'ampleur de cet impact et de l'empreinte écologique et environnementale des entreprises de services est variable en fonction de la nature de son activité économique. À juste titre, le sous-secteur du transport et des infrastructures routières impacte davantage les habitats naturels, en provoquant leur fragmentation et leur destruction, beaucoup plus que le service du tourisme. Il en est de même pour le secteur de la santé, qui consomme la biodiversité (animale et végétale) ; son impact est certainement plus important que le secteur des télécommunications ou des finances.

Ceci dit, en dépit de l'importance socio-économique de ce secteur tertiaire en Tunisie, notamment sa contribution au PIB et à l'emploi, et considérant toute cette empreinte écologique ci-dessus détaillée, son impact sur la biodiversité est largement en deçà de ceux des secteurs primaire et secondaire. Néanmoins, des mesures de protection et de préservation de la biodiversité, impactée par le secteur tertiaire, doivent être mises en place afin d'atténuer cet impact. Dans ce contexte, les ébauches des décisions des instances financières d'accorder une importance capitale aux financements des projets sur la base de leur respect pour l'environnement (cas de l'Union Bancaire pour le Commerce et de l'Industrie UBCI, constituent un exemple adéquat à suivre par toutes les institutions du même genre.

5. EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA BIODIVERSITÉ

5.1. INTRODUCTION

Les paléo-climatologues et les paléo-biologistes s'accordent sur le fait que le changement climatique n'est qu'un phénomène naturel, qui s'est constamment produit par l'alternance des périodes de glaciation et de réchauffement. Bien que démontré par ces spécialistes, cette hypothèse est aujourd'hui abolie, puisque le phénomène des changements climatiques est aujourd'hui à la une des causes des perturbations écologiques. Il s'agit donc d'un phénomène qui s'est amplifié durant ces dernières décennies, notamment avec la pollution sans précédent que le globe terrestre ne cesse de subir. Il est ainsi amplement justifié que l'accroissement très perceptible des gaz à effet de serre qui s'est accentué depuis le début du 20^{e} siècle contribue à l'amplification de ces changements et les rende perceptibles à l'échelle de la planète. Ceci constitue une réelle menace à l'encontre des espaces naturels, notamment les milieux littoraux et marins, de leurs paysages, de la biodiversité qu'ils abritent, ainsi que des ressources naturelles qu'ils hébergent. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC ou IPCC en anglais) définit la vulnérabilité climatique comme « le degré auquel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. Cette vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme des changements climatiques, auxquels un système écologique est soumis, ainsi que de sa sensibilité et de sa capacité de résilience ou d'adaptation ».

Par ailleurs, selon les scénarii du GIEC ou IPCC, d'ici la fin du siècle, le changement climatique et ses impacts pourraient constituer la force sous-jacente directe la plus importante impliquée dans l'érosion de la biodiversité et des transformations et modifications au niveau des services écosystémiques. Les dommages causés à la biodiversité s'accroissent à l'échelle mondiale avec des impacts très perceptibles de changement climatique sur la biodiversité et son habitat. Des initiatives urgentes et nécessaires en vue de la protection, de l'atténuation et l'adaptation des espèces, des habitats, des populations et des écosystèmes dans ces risques de modifications. Le changement climatique représente donc une grande menace où émergent deux enjeux majeurs étroitement indépendants :

- la pression sur des écosystèmes déjà fragilisés par la pollution, la destruction et la fragmentation des habitats, ou la surexploitation des ressources naturelles ;
- la remise en cause des stratégies de développement passées par les effets attendus des changements climatiques sur l'intégrité des territoires continentaux et littoraux.

Les impacts du changement climatique, variables et dépendants de la vulnérabilité même de l'écosystème en question, sont amplifiés par les initiatives inadéquates d'aménagement et l'absence de stratégies efficaces et concluantes sur le moyen et long terme. L'aménagement inadéquat et le développement non durable à l'échelle planétaire, ayant engendré une augmentation sans précédent de la teneur atmosphérique en Gaz à effet de serre (notamment la concentration atmosphérique en CO_2), sont à l'origine de ces changements climatiques (augmentation des températures, baisse des précipitations, élévation du niveau de la mer, etc.), et leurs effets sont tout de même conjugués à des actions inappropriées, comme la littoralisation, la surexploitation des ressources naturelles, l'introduction d'espèces allogènes, etc.).

La Tunisie, pays méditerranéen et fortement marqué par la dominance du climat arido-saharien, n'est pas à l'abri de ces phénomènes de changements climatiques, et leurs impacts sur les espèces et les espaces. La vulnérabilité de ces espèces et de leurs habitats est telle que la transformation et surtout l'érosion génétique, et même pédologique, sont incontestablement accélérées.

5.2. IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA BIODIVERSITÉ EN TUNISIE : CAS DES STEPPES D'ALFA (*SIPA TENACISSIMA*)

Selon les scénarii du GIEC, la Tunisie serait à l'horizon de 2050, et 2070, marquée par d'importants changements climatiques, traduisant une augmentation de la température et une réduction des précipitations. Bien que ces changements affecteront tous les écosystèmes continentaux et littoraux du pays, il serait plus judicieux de se focaliser sur un système écologique de grand intérêt socio-économique et géographiquement bien représenté dans le pays.

Dans ce contexte, nous avons retenu l'écosystème des nappes alfatières de la Tunisie (*Stipa tenacissima*), dont l'importance économique, sociale et écologique est indéniable non seulement pour la vaste région des hautes steppes, mais pour tout le pays. Cette étude de cas fut réalisée par Ben Mariem & Chaieb, et publiée en 2017, dans la prestigieuse revue ***Applied Ecology and Environmental Research***. L'étude concerne ainsi l'impact des changements climatiques futurs sur les nappes alfatières tunisiennes.

Ainsi, pour prédire les changements potentiels dans la distribution de l'habitat de *S. tenacissima* en Tunisie dans le cadre d'un scénario de changement climatique hypothétique du GIEC, nous avons utilisé le modèle de l'Entropie Maximale (Maxent version 3.3.3a), et ce pour les années 2050 et 2070. Le logiciel Maxent est disponible gratuitement sur le lien suivant : http://www.cs.princeton.edu/schapire/maxent/ (Philips et al. 2006). Dans ce contexte, le cinquième rapport de prévision du GIEC, publié en 2013, regroupe une série de nouveaux scénarii, en fonction des nouvelles trajectoires d'émissions futures possibles de gaz à effets de serre. Le modèle a donc été exécuté ici, selon deux voies de concentration représentatives, RCP2.6, qui est un scénario à faibles émissions de gaz à effet de serre et RCP8.5 qui est un scénario à émissions très élevées. Nous avons utilisé les projections climatiques du modèle de circulation générale du Met Office Hadley Center (HadGEM2-ES). Nos futurs ensembles de données climatiques sélectionnés ont été téléchargés à partir de la base de données climatiques mondiales "the World Climate database" (www.worldclim.org).

Les résultats de la modélisation de la répartition actuelle de la steppe d'Alfa sont basés sur des données de présence de l'espèce en Tunisie. En outre, les déterminants environnementaux qui sous-tendent cette distribution ont également permis de voir comment les changements climatiques prévisibles peuvent affecter la future distribution potentielle de ces nappes alfatières. Les résultats du modèle Maxent sont donc représentés cartographiquement, à l'aide du logiciel d'ArcGIS 9.3.

Ainsi, actuellement, la modélisation révèle une superficie des nappes alfatières d'environ 19 304 km² occupant une vaste zone qui s'étend du centre-ouest jusqu'au sud-est du pays, et plus précisément le massif des Matmata (Figure 86).

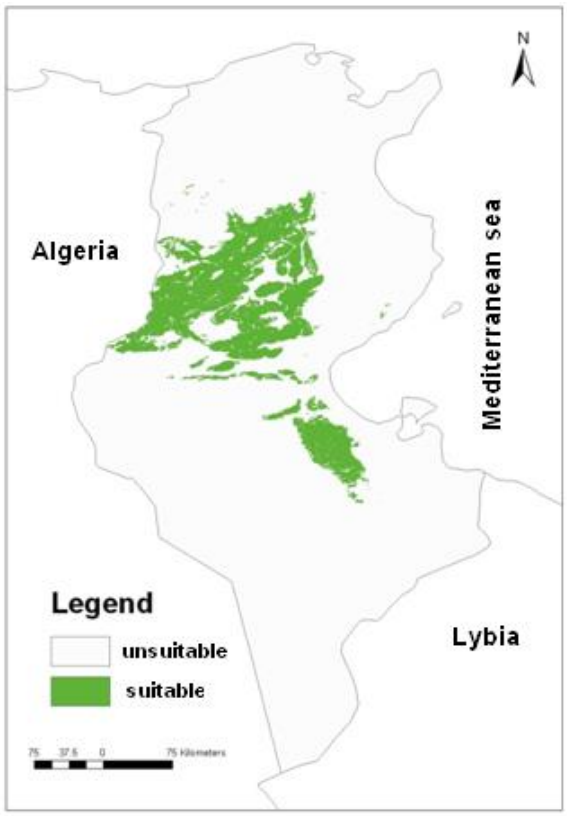


Figure 86 : Carte de répartition actuelle de *Stipa tenacissima* en Tunisie (Ben Mariem & Chaieb, 2017)

En effet, d'après la carte ci-dessus, la présence de *S. tenacissima* dans cette aire ne signifie pas que la steppe est partout en bon état, et que la richesse spécifique est à son apogée.

En ce qui concerne l'effet des changements climatiques futurs, et considérant le scénario RCP2.6, le changement climatique entraînerait une réduction de l'habitat actuel des nappes alfatières, d'environ 64 % d'ici 2050 et de 86 % d'ici 2070 (Figure 87).

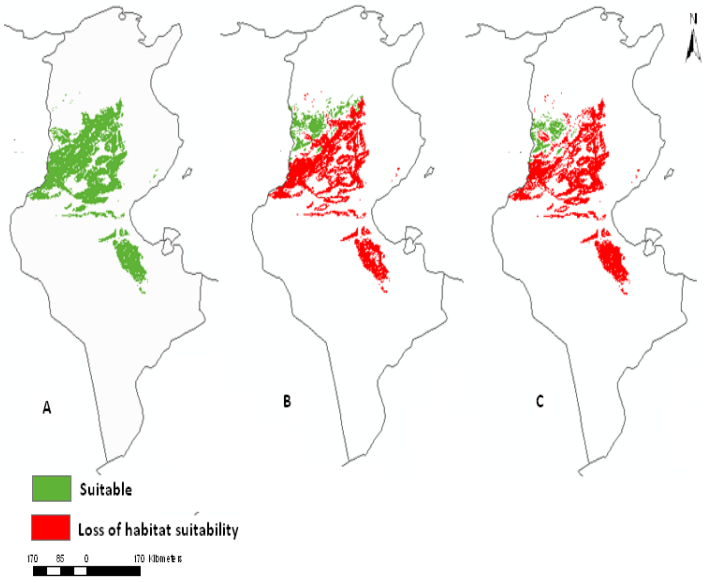


Figure 87 : Perte de l'habitat de *S. tenacissima*, de la répartition actuelle (A), vers une répartition future en 2050, selon le scénario RCP2.6 (B) et le scénario RCP8.5 (C)

D'après cette figure, on constate que la réduction de la superficie des nappes d'Alfa serait considérable d'ici 2050 selon les deux scénarii du GIEC. Les steppes du centre et du sud du pays disparaitront. Seules les portions situées sur les altitudes demeureront, tandis que leur superficie serait très réduite. En revanche, on souligne le début d'un léger décalage vers le nord de ces nappes alfatières.

En ce qui concerne l'évolution régressive de la superficie de ces steppes, à l'horizon de 2070, soit d'ici un demi-siècle, la réduction serait encore plus importante (Figure 88). Cette réduction serait estimée à environ 86 % pour le scénario RCP 2.6 (B) et 92 % pour le scénario RCP 8.5 (C). Il ne restera que très peu de cette steppe. En revanche, on souligne une légère migration vers le nord des steppes d'alfa. Cette migration s'explique par les températures qui deviennent défavorables à la phénologie de l'espèce après leur augmentation. De même, la baisse des précipitations assèche l'habitat de l'espèce, ce qui la contraint de se déplacer vers le nord, à la recherche d'humidité plus importante.

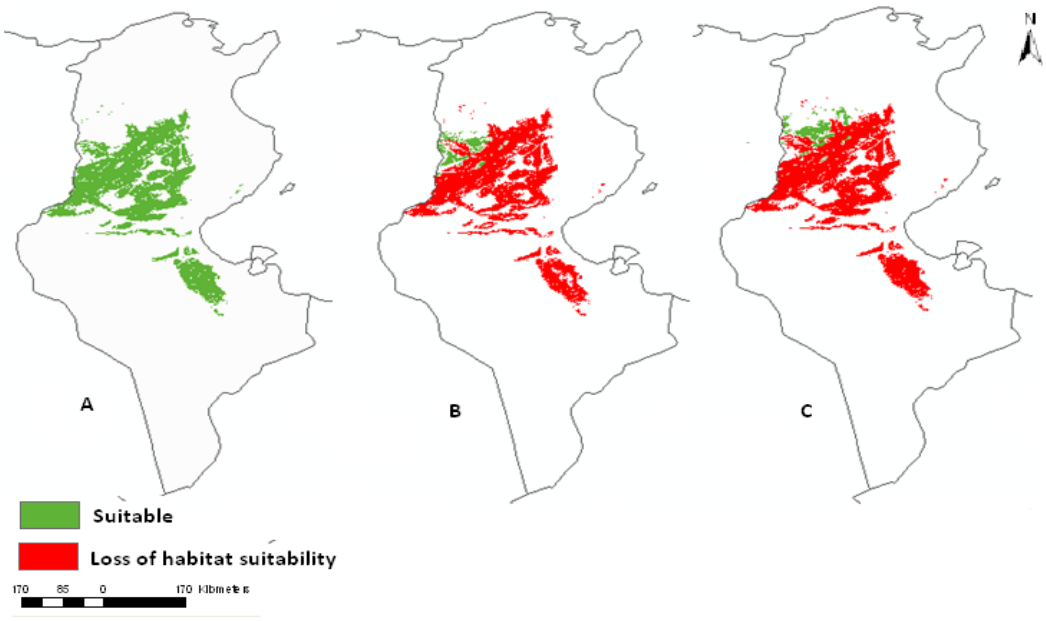


Figure 88 : Perte de l'habitat de S. *tenacissima*, de la répartition actuelle (A), vers une répartition future en 2070, selon le scénario RCP2.6 (B) et le scénario RCP8.5 (C)

En conclusion, avec la perte de ces steppes, disparaitront également toutes les espèces végétales et animales compagnes de* Stipa tenacissima*, laissant la place à un milieu totalement dépourvu de biodiversité. En outre, la disparition de ces steppes aurait des conséquences sociales (perte d'emploi et de revenus familiaux basés sur l'activité dans le secteur de l'alfa) et écologiques, car tous les habitats en pente subiront les effets de l'érosion hydrique. D'importantes quantités de sédiments seront transportées, ce qui causera l'ensevelissement des infrastructures (agglomérations, routes, champs des cultures, etc.).

Des mesures urgentes, en vue de la préservation de cette steppe, doivent être prises afin de garantir le maintien de la biodiversité, dans ces milieux steppiques d'intérêts multiples pour la Tunisie.

6. IMPACTS DE L'INVASION BIOLOGIQUE SUR LA BIODIVERSITÉ

6.1. INTRODUCTION

Considérant les changements globaux actuels, la diversité biologique et sa conservation constituent aujourd'hui des enjeux à la fois socio-économiques et scientifiques. En effet, l'emprise humaine a particulièrement pour conséquence la migration de nombreux organismes vivants des zones défavorables vers les milieux les plus propices pour leur maintien et leur développement.

Ces flux migratoires entrainent l'arrivée de nouvelles espèces dans des environnements qui leur sont allochtones. Il se produit une introduction d'espèces et de taxon d'origine allochtone.

Il y a ainsi introduction d'espèces d'origine étrangère conquérant de nouveaux territoires. Ces introductions, qu'elles soient volontaires ou involontaires, constituent un risque écologique potentiel, qui se manifeste le plus souvent par des interactions interspécifiques (espèces autochtones versus espèces allochtones). Ce phénomène étant global et commun à tous les biotopes, il touche tous les types d'écosystèmes et toutes les espèces sont potentiellement invasives. En ce qui concerne les stades de l'invasion, tous les spécialistes s'accordent sur le fait que celle-ci se réalise selon différentes étapes. Ainsi, selon Dairain & Vad (2012), l'invasion biologique débute par l'*introduction* d'une population exotique dans son nouvel écosystème, l'*établissement* de celle-ci suivi de sa *prolifération* (ou *expansion*) qui peut aboutir à de sévères conséquences écologiques, économiques et sociales. En outre, au cours de ces différentes étapes, la population invasive se met en interaction compétitive avec les populations autochtones afin de garantir son maintien dans le nouveau biotope conquis.

Ces auteurs ajoutent que ces différentes étapes peuvent être représentées, tel que cela est illustré dans le schéma suivant :

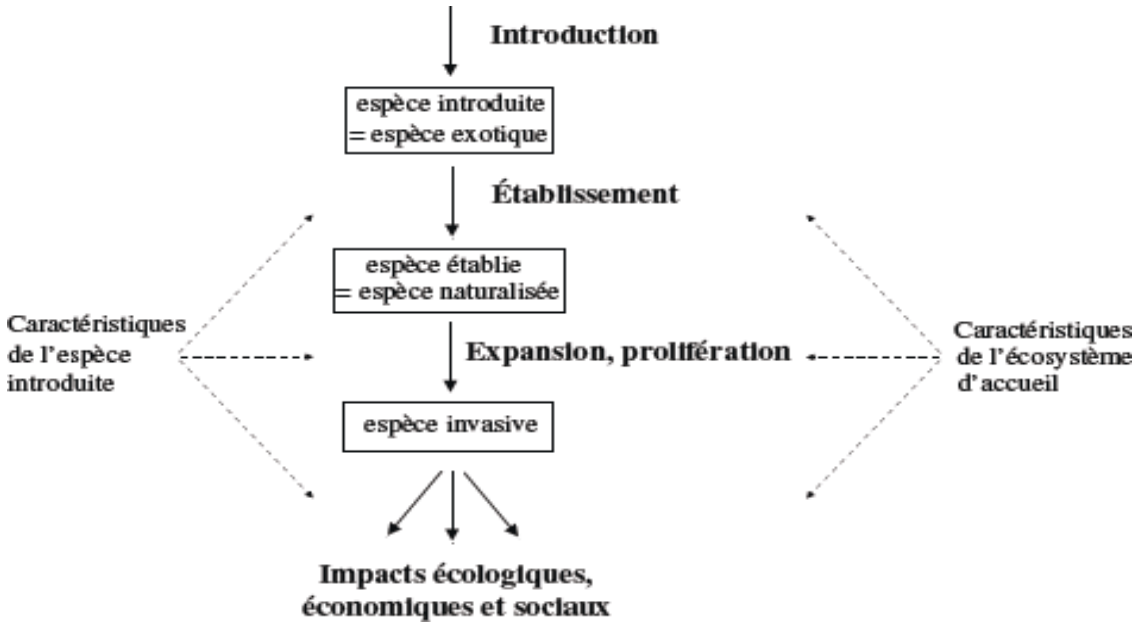


Figure 89 : Principales étapes de l'invasion biologique (Dairain, & Vad, 2012)

La Tunisie se caractérise par une position biogéographique privilégiée. Sa localisation entre le bassin méditerranéen et les régions sahariennes lui confère un contraste biologique particulièrement marqué par une richesse spécifique importante, caractéristique de la biogéographie saharo-méditerranéenne. En outre, la présence d'un important gradient climatique et altitudinal contribue

à cette richesse spécifique. Par ailleurs, les impacts les plus importants de la succession des civilisations humaines ont été la déforestation, habituellement à des fins d'expansion des terres agricoles ou pour le ramassage du bois, le pâturage intensif et les incendies, ainsi que le développement de l'infrastructure, qui fut développée en particulier, et de façon intensive, dans les zones côtières comme conséquence du tourisme mondial. Les activités humaines ont conduit à la perte des habitats et à la dégradation, principale cause de menace pour les espèces autochtones, et les événements climatiques extrêmes tels que les incendies ou les sécheresses devraient augmenter potentiellement la menace (Cuttelod et al., 2008). Face à tous ces évènements, le phénomène d'invasion biologique est venu s'ajouter à ces différents problèmes environnementaux et écologiques. Plusieurs espèces animales et végétales, qu'elles soient aquatiques ou terrestres, ont envahi les écosystèmes tunisiens, où les conditions écologiques se révèlent propices à leur installation.

Par ailleurs, les invasions biologiques, en Méditerranée en général et en Tunisie en particulier, sont dues essentiellement à des introductions intentionnelles par l'homme ou accidentellement à cause de certains facteurs dont l'élargissement du canal du Suez (Égypte), le trafic maritime par les eaux de ballast mais aussi à travers l'Atlantique par le détroit de Gibraltar (Espagne) et le réchauffement climatique. Ces espèces sont observées, depuis des siècles, au niveau de la Méditerranée et depuis longtemps en Tunisie, mais une attention particulière leur a été accordée récemment en raison de leurs impacts négatifs importants.

6.2. CAS DE L'INVASION BIOLOGIQUE EN TUNISIE

À l'instar du reste des pays du monde, la Tunisie a été, durant ces dernières décennies, marquée par le phénomène de l'invasion biologique. Plusieurs espèces animales et végétales, d'origine allochtones, ont réussi à s'installer à l'intérieur des habitats tunisiens. L'installation et la reproduction de ces espèces se font aux dépens des espèces autochtones. À titre d'exemple, au niveau marin, la Tunisie compte 2 espèces marines végétales et 15 espèces animales invasives, dont les mollusques et 3 crustacés, à savoir la Crevette mouchetée (*Metapenaeus monoceros*), le crabe (*Libinia dubia*) et le crabe bleu (*Daeach*), a fait savoir Olfa Ben Abdallah, chercheur à l'Institut national des sciences et technologies de la mer (INSTM) de Sfax, à l'occasion de la célébration de la Journée de la mer, à la Cité des sciences. D'après cet auteur, la première signalisation de la crevette mouchetée dans le Sud de la Tunisie remonte à 1994. Cette crevette s'est bien adaptée aux conditions environnementales du Golfe de Gabès, tandis que le crabe (*Libinia dubia*) qui est originaire de l'Atlantique a été signalé pour la première fois, en 1997, et est devenu abondant dans la partie nord de Sfax, au niveau des zones les moins profondes. Concernant la récente invasion (2014/2015) du crabe bleu, ce crabe indo-pacifique et le crabe (*Libinia Dubia*) ont un impact important, notamment sur la pêche artisanale. Ils causent des dégâts aux filets de pêche et altèrent la qualité des captures. Ces deux types de crabes pourraient aussi être un des facteurs qui sont à l'origine du déclin observé au niveau de certains stocks marins et la baisse des prises notamment au Golfe de Gabès, d'après Olfa ben Abdallah. Au cours d'une visite aux Kerkennahs durant l'année 2020, un pêcheur propriétaire d'une pêcherie artisanale nous informa que sa production journalière est quotidiennement compromise par le crabe bleu, qui devient un véritable prédateur de toutes les espèces piégées dans la pêcherie. Ce même pêcheur ajouta que le crabe bleu constitue un prédateur redoutable du crabe autochtone, dont la taille est plus réduite par rapport à celle du crabe bleu invasif.

En milieu terrestre, l'invasion biologique animale concerne surtout l'avifaune. En effet, certaines espèces effectuent des invasions périodiques, alors que d'autres se sont installées en Tunisie. Parmi les espèces invasives périodiques, on cite l'Étourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris*). Cette espèce arrive en Tunisie durant la saison de l'automne où elle hiverne (Figure 90), correspondant à la maturation des olives. L'espèce se nourrit des olives, et un individu consomme quotidiennement plusieurs fois son poids. Le moineau espagnol est une autre espèce invasive, qui s'est installée ces dernières années en Tunisie. L'impact de cette espèce est plus grave que celui de l'Étourneau, du fait du croisement avec le Moineau domestique (autochtone). À la longue, l'espèce locale disparaitra

sous l'effet de l'hybridation avec le Moineau espagnol, qui remplacera entièrement l'espèce locale. Le Goéland leucophée est aussi une espèce invasive qui a pu s'installer en Tunisie. Plusieurs milliers d'individus de cette espèce ont pu s'installer au sein des écosystèmes tunisiens. Cependant, cette espèce est menacée de disparition en Tunisie en raison de sa contamination par des maladies mal gérées des volailles d'élevage.

Enfin, la tourterelle turque, espèce, comme son nom l'indique, d'origine turque, s'est propagée en Afrique du Nord, et plus précisément en Tunisie, à partir de l'Europe, qu'elle a envahi durant les années soixante-dix.

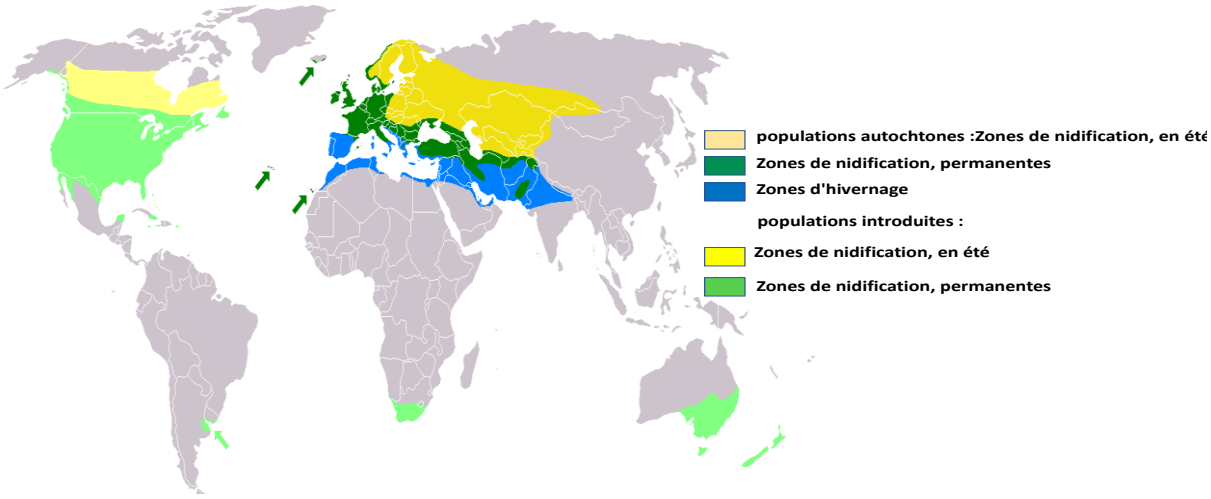


Figure 90 : Aire de répartition géographique de l'Étourneau sansonnet

(https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89tourneau_sansonnet)

En ce qui concerne les espèces invasives végétales, leur nombre est plus élevé que celui des espèces animales. L'invasion biologique par cette espèce est soit volontaire, soit involontaire. Ainsi, plusieurs espèces ont été introduites par le biais des transactions commerciales. Parmi les espèces végétales les plus vulnérables, on cite *Leucaena leucocephela*, espèce de la famille des *Fabaceae*. Cette espèce se caractérise par un très important potentiel de production de semences (Figure 91). Sa multiplication se fait à la fois par germination des semences et aussi par multiplication asexuée (drageonnage). Sur la figure ci-dessous, on remarque l'ampleur du développement de cette espèce de part et d'autre de la route, où elle s'est entièrement substituée à l'espèce de haie, *Opuntia ficus indica*. En outre, cette espèce est aujourd'hui visible dans presque toute la Tunisie. Il s'agit d'une espèce redoutable quant à son impact sur la biodiversité autochtone.

Figure 91 : Ampleur de l'invasion biologique par *Leucaena leucocephela*

D'autres espèces invasives végétales sont aujourd'hui visibles sur tout le territoire tunisien. Leur introduction a été faite par les transactions commerciales. Parmi ces espèces on cite *Solanum elaeagnifolium* (Figure 92) espèce de la famille des *Solanaceae*, qui a été introduite lors de l'importation des semences maraichères. Cette espèce dispose d'un important potentiel invasif, notamment la quantité importante des semences, ainsi que son caractère d'espèce pérenne.

Figure 92 : *Solanum eleaegnifolium* espèce invasive, actuellement présente dans toute la Tunisie

Helianthus tuberosus, espèce de la famille des *Asteraceae*, est caractérisée par la formation de tubercules. Ces tubercules assurent la pérennité de l'espèce et sa multiplication végétative (Figure 93). Durant les saisons défavorables, ces tubercules permettent la conservation de l'espèce durant plusieurs années, jusqu'à ce que les conditions redeviennent favorables à la multiplication. Cette espèce invasive se multiplie de façon rapide ce qui lui confère des propriétés d'invasion rapide, et on observe sa présence dans plusieurs régions du pays.

Invasion d' un talus au niveau l'axe autoroutier reliant Sfax à Sousse par *Helianthus tuberosus*. On remarque aussi l'important développement des tubercules de cette espèce

Figure 93 : Invasion d'un talus d'autoroute reliant Sousse à Sfax, par *Helianthus tuberosus*, espèce invasive très redoutable

7. CONCLUSION GÉNÉRALE

Du contraste écologique et biogéographique caractérisant la Tunisie émane une diversité biologique aquatique et terrestre variée. Parallèlement, depuis des millénaires, la diversité spécifique et les habitats furent exposés à une forte anthropisation et perturbation des écosystèmes. La perturbation la plus ancienne et la plus spectaculaire correspondait à l'époque romaine. La cicatrisation et l'empreinte de cette dernière civilisation s'observent jusqu'à nos jours, puisque la majorité des forêts de la Tunisie centrale et méridionale ont depuis été défrichées et remplacées par la pratique des cultures céréalières et oléicoles. Pour l'époque actuelle, et depuis son indépendance, la Tunisie s'est lancée dans un processus de développement socio-économique et de modernisation, afin de rattraper le retard accusé durant plusieurs siècles de colonisation ottomane et française. Ainsi, l'autosuffisance alimentaire, par le développement u secteur agricole, a été l'un des défis à relever par les décideurs du pays de la période postcoloniale. Cet objectif est aujourd'hui atteint moyennant une profonde transformation et artificialisation des paysages et des milieux naturels. Ainsi, en milieu terrestre comme en milieu aquatique, un important effort d'exploitation des ressources biologiques a été engagé. Cet effort s'est soldé par la raréfaction de plusieurs dizaines d'espèces, soit en milieu marin, soit en milieu terrestre. Par exemple, en milieu marin, le désir et l'encouragement par des subventions de l'accroissement de la flottille, et la diversification des méthodes de pêche, ont entrainé une dilapidation des ressources biologiques (faune et flore) aquatiques. Plusieurs espèces se sont ainsi raréfiées, voire même ont disparu, en raison de l'exploitation abusive et du non-respect de la dynamique de leurs populations. Le chalutage, pratiqué durant des décennies, est l'une des causes majeures de cette érosion. Il continue à l'être aujourd'hui. À côté de la surexploitation des espèces par la pêche, l'aquaculture, ayant connu un important essor en Tunisie durant ces dernières années, a également un impact sur les ressources halieutiques. L'implantation des fermes aquacoles le long des côtes tunisiennes, et les risques multiples qu'elles occasionnent au niveau de l'environnement marin, provoquent de graves conséquences de pollution, sous diverses formes, pour les espèces et l'habitat. Ces conséquences ont d'ailleurs été présentées en détail dans la partie du rapport relative au milieu marin.

En milieu terrestre, le développement et l'intensification de l'agriculture, réalisés aux dépens des formations végétales (forestières et steppiques) naturelles, ont continuellement occasionné une importante perte des espèces et des habitats. On constate en effet une profonde transformation du paysage floristique, illustré par l'inventaire phytoécologique établie par Gounot & Schenenberger (1967) pour la Tunisie septentrionale et par Le Houérou (1969) pour la Tunisie centrale et méridionale. Ainsi, depuis plusieurs décennies, la destruction et la fragmentation des habitats, par la mise en valeur agricole, a touché plusieurs dizaines de km^2, où des groupements et des associations végétales entières ont disparu, en laissant la place à des plantations arboricoles et oléicoles, aujourd'hui en pleine production. À titre d'exemple, le groupement à *Rhantherium suaveolens*, autrefois étalé sur plus de 5 000 km^2 (500 000 ha) de la Jeffara tunisienne, et développé sur des sols sableux profonds, a presqu'entièrement été défriché en faveur de l'agriculture. Seuls quelques milliers d'hectares de ce groupement demeurent encore, mais sous un état dégradé et surpâturé. Le même constat est à faire pour les vastes nappes alfatières (*Stipa tenacissima*) de la région des hautes steppes tunisiennes, qui ont subi une forte emprise humaine par le défrichement pour l'agriculture, et le surpâturage, provoquant de ce fait une réduction sans précédent de leur superficie et de leur richesse spécifique. Les formations forestières du nord et du centre du pays ne sont à leur tour pas épargnées par ce phénomène d'anthropisation au profit de l'agriculture. Par ailleurs, l'impact du développement agricole aux dépens des écosystèmes naturels s'est davantage amplifié par le procédé de l'intensification des cultures. Cette dernière, mobilisant d'importantes quantités d'eau d'irrigation, parfois de qualité médiocre, a été accompagnée par l'usage, le plus souvent abusif et irraisonné des intrants chimiques (engrais et pesticides), dont l'impact sur la biodiversité et les ressources aquatiques ne peut être que désastreux. D'ailleurs, au niveau du secteur agricole, les pesticides constituent à eux seuls un important moteur de l'érosion de la biodiversité, affectant toute

la chaine trophique, et notamment les insectes pollinisateurs, qui sont les plus touchés par ces produits. De même, l'intensification de la production agricole a aussi entrainé le recours à l'importation et l'emploi de matériel génétique étranger, notamment les cultures légumières, arboricoles et céréalières, sans toutefois oublier l'élevage, par l'introduction de races étrangères. Plusieurs variétés locales, adaptées au contexte climatique et pédologique national, ont été remplacées par des variétés étrangères, supposées plus productives, ce qui a provoqué leur disparition, voire leur extinction. Un hommage particulier est à rendre à ce propos à la Banque nationale des gènes, qui ne cesse de fournir des efforts en vue de la recherche et la collecte de variétés et cultivars locaux raréfiés. En revanche, pour des secteurs comme celui de l'oléiculture, des actions d'introductions de grande envergure de variétés étrangères conduisent, à tort ou à raison, au remplacement à court terme des ressources génétiques locales adaptées par du matériel étranger, nécessitant par contre le recours à l'irrigation. Cette dernière, souvent effectuée par des eaux chargées en sels, contribue à son tour à la dégradation des ressources hydriques, et la détérioration de la qualité physico-chimique du sol, sans pour autant être efficace en ce qui concerne l'amélioration qualitative et quantitative de la production. Pour sa part l'élevage, jusqu'à un passé proche, a été réalisé avec des races locales, également adaptées au contexte écologique du pays. Mais dans le souci d'une production laitière et de viande améliorée, il y a eu recours aux races importées, non adaptées, et surtout vulnérables vis-à-vis des infections pathologiques. Les croisements successifs avec les espèces des races locales finiront par aboutir à leur disparition. Enfin, qu'il soit pratiqué avec des races locales, des races importées ou les deux à la fois, l'élevage contribue à son tour à l'érosion de la phytodiversité. Les bonnes espèces pastorales (Chaieb, 1985) seront éliminées par le choix sélectif de l'animal, ne laissant que les espèces non appétées, dont la reproduction et la multiplication aboutiront à l'envahissement des parcours et de prairies, tel qu'on l'avait illustré plus haut dans le rapport.

Compte tenu de tout ce qui précède, on conclut que le ***secteur de l'agriculture et de la pêche se révèle comme étant le premier secteur économique, responsable de l'érosion de la biodiversité en Tunisie.***

Parallèlement au développement du secteur primaire et ses conséquences sur la perte de la diversité biologique, la Tunisie s'est également engagée depuis son indépendance dans le développement du secteur industriel. Ainsi, bien que l'industrie extractive ait débuté à la fin du dix-huitième siècle avec l'exploitation du phosphate, il faut reconnaitre que le plus grand essor du secteur industriel a débuté après l'indépendance, quand le secteur minier a constitué un élément important dans l'économie tunisienne. L'activité extractive a été à la base d'une industrialisation diversifiée et performante : El Fouledh (1965) pour le fer et l'industrie chimique du Fluor (1976) pour le spath-Fluor. En outre, la mise en place, à partir des années soixante, de grosses unités de transformation des ressources naturelles (industries chimiques d'engrais, raffinage du pétrole, etc.) a provoqué de profondes transformations du paysage. Comme ce genre d'industries sont souvent installées en milieu littoral et côtier, les effluents qu'elles rejettent dans les écosystèmes marins sont le plus souvent très nuisibles à la flore et la faune marines. L'exemple le plus frappant à ce propos est le rejet quotidien, depuis plus que cinq décennies, d'importantes quantités de phosphogypse au niveau du Golfe de Gabès, ayant presque totalement anéanti la faune et la flore sur de vastes étendues de ce Golfe.

Parallèlement, l'énorme besoin du pays en matériaux de construction et en ressources naturelles, comme les produits pétroliers, a contribué à l'important développement de l'industrie extractive. La prolifération des carrières et des gisements de tout genre de produits minéraux, a gagné toutes les régions du pays. Parmi ces industries, on cite l'important nombre de cimenteries, briqueteries, plâtreries, usines de gravier, ainsi que l'industrie de la pâte à papier, etc. Ces différents types d'industrie, basées sur l'exploitation et la valorisation des ressources minérales ou biologiques, ont profondément modifié les paysages et les habitats naturels. De même, la perturbation des habitats et l'usage de procédés d'exploitation anormalement destructifs, comme l'usage d'explosifs, ont constitué (et continuent à constituer d'ailleurs) d'importantes sources de nuisance, de perturbation

et de destruction des espèces, et plus particulièrement pour la faune. Pour l'industrie de la pâte à papier, elle est basée sur l'exploitation des écosystèmes alfatiers, longuement réputés comme étant des réservoirs de la biodiversité animale et végétale. L'arrachage de l'alfa et sa vente à l'usine de la cellulose, et dont la régénération naturelle est difficile, sera couronnée par la perte de tout le cortège spécifique compagne de cette espèce. En plus, la perte du couvert végétal du sol dans ces régions sera accompagnée du phénomène de l'érosion hydrique, et le transport de grandes quantités de sédiments, qui vont ensevelir les infrastructures et les agglomérations.

L'industrie textile, qui s'est développée en Tunisie à partir des années soixante-dix, a pour sa part aussi des effets sur la biodiversité. En plus d'importantes quantités d'eau indispensables pour la production de coton, les déchets émanant du secteur de textile sont très contraignants pour l'environnement physique et biologique. Les effluents rejetés de ce secteur sont excessivement polluants pour les écosystèmes terrestres et aquatiques, puisque les éléments chimiques qu'ils contiennent sont hautement toxiques pour la faune, la flore, et les microorganismes.

Enfin, la filière de l'industrie agroalimentaire, basée sur l'exploitation, la transformation, l'emballage et la commercialisation des produits biologiques, animaux et végétaux, ne peut être elle aussi exclue des impacts sur l'environnement. En effet, en plus des déchets biologiques émanant de ce type d'industrie, et qui sont hautement nuisibles à la nature et à l'environnement, l'industrie agroalimentaire affecte la biodiversité par la collecte, l'exploitation et la valorisation des espèces animales et végétales. Ainsi, plusieurs espèces de faune et de flore destinées à la transformation se sont raréfiées. On cite par exemple tous les produits de la mer, les fruits et légumes, et même des espèces de champignons comme les truffes. D'autre part, les effluents rejetés en milieu naturel comme la margine, sous-produit de la transformation des olives, sont très toxiques pour la biodiversité. Cet effluent, la margine, constitue à l'heure actuelle un problème national pour lequel il faut absolument trouver une solution. Son impact négatif est multiple, puisqu'il affecte non seulement la diversité biologique, mais également le sol, la nappe et l'atmosphère.

Considérant l'ensemble de toutes ces conséquences liées au développement du secteur industriel, ce dernier est incontestablement considéré comme étant le second secteur de l'économie tunisienne contribuant à l'érosion de la biodiversité, après celui de l'agriculture et la pêche.

Le dernier secteur de l'économie tunisienne, contribuant avec un important pourcentage au PIB ainsi qu'à l'effort de l'emploi, est le secteur des services. Basé sur de multiples sous-secteurs, dont notamment le transport, le tourisme, les télécommunications, la santé, le commerce et les finances, ce secteur peut être considéré comme étant un secteur "d'activités relativement propres", en comparaison avec celui de l'industrie manufacturière. Au niveau du transport, le développement des infrastructures comme les voies de circulation consomment beaucoup d'espaces, et constituent surtout des moyens de fragmentation des habitats. Le tourisme de masse, qu'il soit balnéaire ou continental, en plus de la consommation d'importantes quantités d'eau, a également un impact sur les espèces et les habitats. La consommation d'espace naturel pour l'édification des unités hôtelières, le piétinement des habitats, la collecte des espèces, sont tous des facteurs de perte de la diversité biologique. Le développement du tourisme alternatif ou écotourisme, durant ces dernières années, atténue la pression du tourisme de masse sur les espèces et leurs habitats.

Les rejets des hôpitaux et des usines de médicaments, impactent gravement l'environnement. En outre, diverses ressources génétiques animales et végétales sont exploitées pour la production de médicaments et de vaccins, ce qui conduira à terme à l'extinction de ces ressources. Le cas des espèces animales utilisées par l'Institut Pasteur de Tunis en est un exemple. Enfin, les activités financières et commerciales interviennent soit directement (commerce des produits animaux et végétaux) soit indirectement (financement de projets ne respectant pas l'environnement) à la perte des espèces et des habitats.

Ainsi, en dépit de ces différents impacts sur la biodiversité, le secteur des services, contribue à l'érosion de la biodiversité. Néanmoins, sa contribution demeure en deçà de celle des secteurs de

l'agriculture et l'industrie. La figure ci-dessous résume l'impact de ces trois différents secteurs sur l'érosion de la biodiversité en Tunisie.

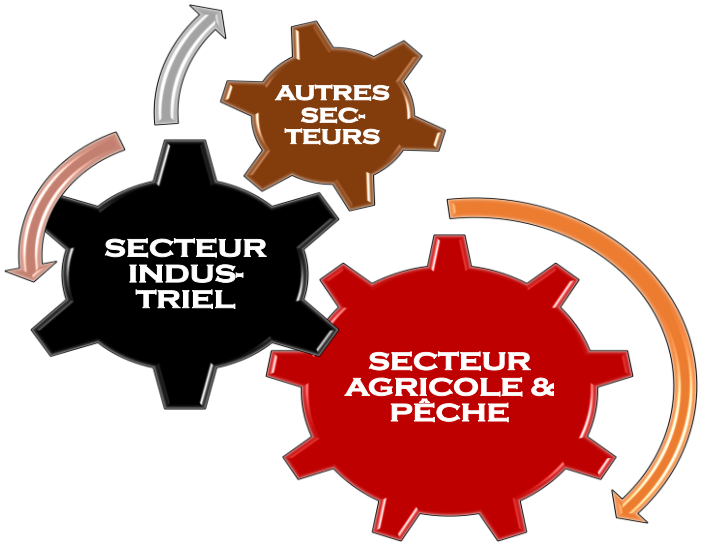


Figure 94 : Impacts des différents secteurs sur la perte de la biodiversité en Tunisie

Références bibliographiques

Achour T 2007 Étude de l'influence de la nature des granulats sur les propriétés des bétons hydrauliques : cas 574 des granulats calcaires tunisiens. Thèse de doctorat ENIT.

AGRO-SERVICES (2013) : Étude de l'amélioration de la qualité et du positionnement des Plantes Aromatiques et Médicinales en Tunisie, Ministère de l'Agriculture, Agence de Promotion des Investissements Agricoles (APIA). 148 p.

Alix A, Cortesero A M, Nenon J P, Anger J P. 2001. Selectivity assessment of chlorfenvinphos reevaluated by including physiological and behavioral effects on an important beneficial insect. Environmental Toxicology and Chemistry 20(11): 2530-2536.

Aronson J, Floret C, Le Floc'h E, Ovalle C, Pontanier R. 1995. Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides : le vocabulaire et les concepts, in: Congrès International sur la Restauration des Terres Dégradées, des Zones Arides et Semi-arides, Tunis (TUN), 1994/11/1419 (Ed.), L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?, Colloques et Congrès : Science et Changements Planétaires/Sécheresse. J. Libbey Eurotext, Montrouge, p 11-29.

Asociación Nacional de Grandes Empresas de Distribución – ANGED (2013), Available at: http://www.anged.es (Accessed on: March 28, 2014).

Asociación Nacional de Grandes Empresas de Distribución - ANGED (2013). En www.anged.es (Última consulta: 19 de Diciembre de 2013).

Banque Africaine de Développement (BAD), 2001. Projet d'aménagement du réseau routier classé. Phase III ; Projet TUN/PTTR/2001/01; 67 p.

Banque mondiale. 2016. « Rapport d'évaluation de la Banque mondiale des projets financés en Côte d'Ivoire-Avril2016 », http://documents.banquemondiale.org/curated/fr/738631471039484328/ Côte-divoire-CI.

Barrios E. 2007. "Soil biota, ecosystem services and land productivity." Ecological Economics 64(64): p 269-295.

Ben Hassine S., Jribi I., Bradai M.N, Bouain A. and Girondot M. 2011. The Origin in Variability of Nesting Period of the Loggerhead Turtle (Caretta caretta) in the Kuriat Islands, Tunisia. Marine Turtle Newsletter 131: 48-50. (Indexé).

Ben Mariem H, Chaieb M. 2017. Climate change impacts on the distribution of stipa tenacissima l. Ecosystems in north african arid zone—a case study in tunisia. Appl Ecol Environ Res 15:67–82. https://doi.org/10.15666/aeer/ 1503_067082.

Benton T G, Vickery J A, Wilson J D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? Trends Ecol. Evol. 18: 182-188.

Berrada S, Nguyen T X, Fournier D. 1996. Comparative toxicities of some insecticides to *Cacopsylla pyri* L. (Hom., Psyllidae) and one of its important biological control agents, *Anthocoris nemoralis* F. (Het., Anthocoridae). Journal of Applied Entomology 120(3): 181- 185.

Bilel S (2017) Mutations socio-spatiales et environnementales du bassin minier de Gafsa (Sud-Ouest de Tunisie) : Approche par les outils géomatiques, p 349.

Brahmi et Zouari (2013) Indicateurs statistiques de performance économique et du positionnement mondial de l'industrie minière en Tunisie (1990 - 2010) : Regard avant la révolution 2011. XXIXème Journées du développement ATM 2013 économie informelle et développement : emploi, financement et régulation dans un contexte de crise Université Paris-Est-Créteil, 6-8 P 12.

Brandenburg RL. 1985. The effect of field applications of insecticides for variegated cutworm, Peridroma saucia (Hubner) (Noctuidae: Lepidoptera) control on non-target arthropods in alfalfa. Journal of the Kansas Entomological Society 58(3): 437-441.

Brideaux, B. (2009). *Resort destination. Evolution, management and developpement*, Landen, Elsevier.

Buckley, R., 2004. Impacts Positive and Negative: Links Between Ecotourism and Environment, in "Environmental Impacts of Ecotourism". In: Buckley, R. (Ed.). CABI Publishing, New York, pp.1-14.

Bureau D et Schubert K. 2020. Compensation écologique : à la demande ou par le développement d'une offre ? L'analyse de Yolande Hiriart mise en perspective », Focus du CAE, n°47.

Burn A J. 1988. Assessment of the impact of pesticides on invertebrate predation in cereal crops. Aspects of Applied Biology 17(1): 279- 288.

Chabert A, Beaufreton C. 2005. Impact of some agricultural practices on carabidae beetles. Bulletin OILB/SROP 28(6): 101-109.

Chambon J P, Cocquempot C, Fougeroux A, Taupin P. 1987. Impact of an early insecticide treatment on the arthropods present in soft winter wheat. Bulletin OILB/SROP 10(1): 225-242

Chebbi H E, Pellissier J P, Khechimi W, Rolland J P. 2019. Rapport de synthèse sur l'agriculture en Tunisie. [Rapport de recherche] CIHEAM-IAMM, p 99. ffhal-02137636f

Chen A, Chen Z, Luo K, Miao S. 2003. Effects of some insecticides on field population fluctuation and parasitism of the leaf miner parasitoid. Journal of Yunnan Agricultural University 18(3): 249-252.

Chokri A et al (2006) « Impact des rejets des laveries de phosphates sur la distribution des métaux lourds à l'interface sol-plantes dans la région de Métlaoui ». DEA en Géologie appliquée à l'Environnement. Université El Manar (F.SC. Manar). P 140.

Chriha S, Sghari A. 2011. Les incendies de forêt en Tunisie : Séquelles irréversibles de la révolution de 2011. Méditerranée 121:87–93.

Chriha S, Sghari J. 2011. Les incendies de forêt en Tunisie. Séquelles irréversibles de la révolution de 2011. Méditerranée 2/2013,121. p 87-93.

Cocquempot C, Chambon J P, Reynaud P, Fischer L. 1991. Incidence of insecticide treatments on the aranean fauna of a wheat field at flowering. Agronomie 11(5): 423-434.

Commission européenne (2006a) Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions : « La gouvernance dans le consensus européen pour le développement - Vers une approche harmonisée au sein de l'Union européenne », 30 août 2006, Bruxelles.

Convention sur la diversité biologique (CDB) 2010, Une nouvelle ère de vie en harmonie avec la Nature est née au Sommet de Nagoya sur la biodiversité (www.cbd.int).

Couvet D, & Teyssèdre Couvet A. 2010. Écologie et biodiversité. Des populations au socioécosystèmes. Peronnas: Belin.

CRDA (2017) : « Étude de planification intégrée et participative des aménagements CES du gouvernorat de Gafsa ». p 142.

Cross J V, Solomon M G, Babandreier D, Blommers L, Easterbrook M A, Jay C N, Jenser G, Jolly R L, Kuhlmann U, Lilley R, Olivella E, Toepfer S, Vidal S. 1999. Biocontrol of pests of apples and pears in northern and central Europe: 2. Parasitoids. Biocontrol Science and Technology 9(3): 277-314.

Delpuech J M, Meyet J. 2003. Reduction in the sex ratio of the progeny of a parasitoid wasp (*Trichogramma brassicae*) surviving the insecticide chlorpyrifos. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 45(2): 203-208.

Dhiab O. 2019. Contribution à l'étude de la mortalité routière des vertébrés dans la région de Gabès. Rapport de master, Université de Gabès, Faculté des Sciences de Gabès, Gabès.

Erkilic L, Uygun N. 1997. Studies on the effects of some pesticides on white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targ.-Tozz.) (Homoptera: Diaspidae) and its side effects on two common scale insect predators. Crop Protection 16(1): 69-72.

Ewald J A, Aebischer N J. 2000. Trends in pesticide use and efficacy during 26 years of changing agriculture in southern England. Environmental Monitoring and Assessment. p 64, 493-529.

FAO 2013 : État des forêts méditerranéennes. Rome. p 2013-207.

FAO. 2015. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

FAO. BPEH. 2014. Regional Initiative on Water Scarcity in Tunisia. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bureau de Planification et des Équilibres Hydrauliques, Ministère de l'Agriculture, Tunis.

Fauvel G. 1999. Diversity of Heteroptera in agroecosystems: role of sustainability and bioindication. Agriculture, Ecosystems & Environment 74(1-3): 275-303.

Foley J A, DeFries R, Asner G P, Barford C, Bonan G, et al. 2005. Global consequences of land use. Science 309, 570-574.

Frigui H, Zhang L. and Gader P D. 2010. "Context-Dependent Multisensor Fusion and Its Application to Land Mine Detection," in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 48, no. 6, pp. 2528-2543, doi: 10.1109/TGRS.2009.2039936.

FTDES, 2020 Rapport annuel (2020) : Mouvements de protestation en Tunisie.

Galfati I (2010) « Étude des phosphates du Jbel Oum El Khecheb et Impact des rejets de l'industrie phosphatière sur l'environnement dans le Bassin de Gafsa-Métlaoui ». Thèse en Géologie appliquée à l'environnement. Université de Tunis-Manar. 147 p.

Galfati I, Essad B, Beji Sassi A, Abdallah A, and Zaïer A (2011) «Accumulation of heavy metals in native plants growing near the phosphate treatment industry, Tunisia». Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6 (2). p 85-100.

Galfati I, Essaid B, Hassan A, Beji Sassi Aicha (2014) Geochemistry of solid effluents and phosphate ore washed from Métlaoui-Gafsa basin, Tunisia rom. J. Mineral Deposits, vol. 87 No. 2, p. 83-86.

Game and Wildlife Conservation Trust (GCT), Sussex study: 34 years of change in farmland wildlife, 2004. http://www.gct.org.uk/text03.asp?PageId=182.

Garrigues, P. & Abadie, M., 2019. Santé et Biodiversité : nécessité d'une approche commune. Mission économie de la Biodiversité ; BIODIV'2050, N°19.

GIEC. 2014. Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, p 163.

Gordon P L, and McEwen F L. 1984. Insecticide-stimulated reproduction of *Myzus persicae*, the green peach aphid (Homoptera: Aphididae). The Can. Entomol., 116(5) :783-784.

Guide de bonne gouvernance de la Compagnie Des Phosphates de Gafsa (CPG), 2016.

GWP. 2009. Managing the other side of water cycle: Making wastewater an asset. Akica Bahri. Global Water Partnership.

Hamza, F. 2020. Impacts of human activities on diversity of wintering waterbirds: Assessment in Mediterranean coastal area. *Ocean & Coastal Management*, *198*, 105317.

Hamza, F., & Hanane, S. 2021. The effect of microhabitat features, anthropogenic pressure and spatial structure on bird diversity in southern Tunisian agroecosystems. *Annals of Applied Biology*.

Hassainya J. 1991. Irrigation et développement agricole, l'expérience tunisienne. Options Méditerranéennes, CIHEAM, no B 3, p 217.

Hellal, M., 2020. « L'évolution du système touristique en Tunisie. Perspectives de gouvernance en contexte de crise », *Études caribéennes.* URL : http://journals.openedition.org/etudescaribeennes/19397 ; DOI : https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.19397.

Hrizi M. 2019. Contribution à la recherche des sites de nidifications de la tortue marine en Tunisie. Mastère de recherche en Sciences du Vivant, parcours : Biodiversités et Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques. Faculté des Sciences de Sfax. 65pp.

Hyvönen T, Ketoja E, Salonen J, Jalli H, Tiainen J. 2003. Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. Agriculture, Ecosystems & Environment 97: 131-149.

Hzami, A., Heggy, E., Amrouni, O. *et al.* 2021. Alarming coastal vulnerability of the deltaic and sandy beaches of North Africa. *Sci Rep* **11,** 2320 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-020-77926-x.

INAT. 2013. L'Eau et la Sécurité Alimentaire Méditerranée : Cas de la Tunisie. Institut National Agronomique de Tunisie. Présentation de Hamdane, A. à la Conférence Sésame, Montpellier, 21-22 février 2013.

INS (Institut National de Statistique) 2019. Données des comptes de la nation.

IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Díaz S, Settele J, Brondízio E S, Ngo H T, Guèze M, Agard J, Arneth A, Balvanera P, Brauman K A, Butchart S H M, Chan K M A, Garibaldi L A, Ichii K, Liu J, Subramanian S M, Midgley G F, Miloslavich P, Molnár Z, Obura D, Pfaff A, Polasky S, Purvis A, Razzaque J, Reyers B, Chowdhury R Roy, Shin Y J, Visseren-Hamakers I J, Willis K J, and Zayas C N (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages. https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579.

Jaeger JAG, Bowman J, Brennan J, Fahrig L, Bert D, Bouchard J, et al. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. Ecol Model 2005;185(2–4):329–48.

Jribi I. 2017. Loggerhead turtle Caretta caretta nesting activity in Chebba (Centre Tunisia): Assessment, problems and recommendations. Indian Journal of Geo-marine Sciences. V 46 (01). pp 163-169.

Jribi I., Bradai M.N. and Bouain A. 2002a. Marine Turtles nesting in Kuriat islands (Tunisia) in 2000. Marine turtle Newsletter. 96 : 4-6.

Jribi I., Bradai M.N. and Bouain A. 2002b. The Loggerhead turtle nesting activity in Kuriat islands (Tunisia) in 2001. Bulletin de la Société Herpétologique de France. 102 : 43-47.

Jribi I., Bradai M.N. and Bouain A., 2006. The loggerhead turtle nesting activity in Kuriat islands (Tunisia): Assessment of nine years monitoring. Marine turtle Newsletter. 112:12-13.

Kishimoto H. 2002. Species composition and seasonal occurrence of spider mites (Acari : Tetranychidae) and their predators in Japanese pear orchards with different agrochemical spraying programs. Applied Entomology and Zoology 37(4): 603-615.

Koss A M, Jensen A S, Schreiber A, Pike K S, Snyder W E. 2005. Comparison of predator and pest communities in Washington potato fields treated with broad-spectrum, selective, or organic insecticides. Environmental Entomology 34(1): 87-95.

Kurek, P., Sparks, T.H., Tryjanowski, P., 2015. Electricity pylons may be potential foci for the invasion of black cherry Prunus serotina in intensive farmland. Acta Oecologia 62, 40–44.

Küster A, Adler N. 2014. Pharmaceuticals in the environment: scientific evidence of risks and its regulation. Philos Trans R Soc B 369(1656):20130587.

La Banque mondiale, "The Effects of Technology on Employment and Implications for Public Employment Services," rapport préparé pour la Réunion du Groupe de travail sur l'emploi du G20, Istanboul, Turquie, 6-8 mai 2015.

Langhof M, Gathmann A, Poehling H M. 2003. Field study on the effects of insecticide drift on non-target arthropods: residual toxicity, effect on populations and recolonisation processes. Bulletin OILB/SROP 26(5): 73-82.

Lebrun P. 1981. L'usage des bio-indicateurs dans le diagnostic sur la qualité du milieu de vie. Écologie appliquée : Indicateurs biologiques et techniques d'études, Grenoble, 13-14 novembre 1980. Association Française des ingénieurs écologues, Mainvilliers : p 175-202.

Loos R, Carvalho R, Anto´nio DC, Comero S, Locoro G, Tavazzi S, Jarosova B (2013) EU-wide monitoring survey on emerging polar organic contaminants in wastewater treatment plant effluents. Water Res 47(17):6475–6487.

M. Mejbri FTDES (2020) L'olivier : de richesse naturelle aux violations environnementales (Kairouan) (https://ftdes.net/lolivier-de-richesse-naturelle-aux-violations-environnementales/).

Male T. 2016. 'Analysing Qualitative Data'. In I. Palaiologou, D. Needham and T. Male (Eds). Doing Research in Education: Theory and Practice. London: SAGE, 177-191.].

MARHP. 1997. Ministère de l'Agriculture et des Ressources hydrauliques. Rapport d'activité. Tunis : Direction de l'Approvisionnement de l'Office des Céréales.

MARHP. 2020. Enquête sur les Structures des Exploitations Agricoles.

MARHP/PNUD. 2014. Rapport national du secteur de l'eau. Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche, Bureau de la planification et des équilibres hydrauliques. p178, 2016.

McKinney ML & Schoch R M (2007) Environmental science: Systems and solutions. London: Jones & Bartlett.

Ministère de Développement de l'investissement et de la Coopération Internationale, Gouvernorat de Gafsa en chiffres, 2015.

Ministère de l'Économie et des Finances - Secrétariat d'État chargé du Développement et de la coopération Internationale 2013.

Ministère de l'Environnement / Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie, 2012 : Plan Cadre pour la Gestion Environnementale et Sociale du Projet « Écotourisme et conservation de la biodiversité désertique en Tunisie », Tunis, 66 p. [document provisoire en ligne], [consulté en 2015] disponible sur : https://menarid.icarda.org/Projects/TECDB/Shared Documents/Plan Cadre de Gestion Environnementale et Sociale.pdf.

Miossec, J.-M. (1996). *Le tourisme en Tunisie, un pays en développement dans l'espace touristique international,* Tours. Univ. François-Rabelais.

Molfetas S et Blandin P. 1981. Quelques éléments de réflexion sur la notion d'indicateur biologique. Écologie appliquée : indicateurs biologiques et techniques d'études, Grenoble, 13-14 novembre 1980. Association Française des ingénieurs écologues, Mainvilliers : p 167-173.

Monetti L N, Fernandez N A. 1995. Seasonal population dynamics of the European red mite (Panonychus ulmi) and its predator *Neoseiulus californicus* in a sprayed apple orchard in Argentina (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae). Acarologia 36(4): 325-331.

Nesrine Bouhamed, Laurent Carnis. 2020. Enjeux et défis de la sécurité routière en Tunisie. RTS - Recherche Transports Sécurité, IFSTTAR, 2020, 2020, pp.16. 10.25578/RTS_ISSN1951-6614_2020-09. hal- 03002786.

Niehoff B, Poehling H M. 1995. Population dynamics of aphids and syrphid larvae in winter wheat treated with different rates of pirimicarb. Agriculture, Ecosystems & Environment 52(1): 51-55.

Noble l R & Slayter R O. 1980. The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. Vegetatio 43: 5-21.

Normander B, Levin G, Auvinen A P, Bratli H, Stabbetorp O, Hedblom M, Glimsk¨ar A, and. Gudmundsson G A. 2012. Indicator framework for measuring quantity and quality of biodiversity—exemplified in the Nordic countries. Ecological Indicators 13:104-116.

Odum E P. 1969. The strategy of ecosystem development. Science 164: 262-270.

Office National des Mines Tunisie 2020 (http://www.onm.nat.tn).

Onagr I (2014) les échanges commerciaux des produits agricoles et alimentaires de la Tunisie : observation des faits et analyse des tendances.

ONAGRI, 2011. Enquête sur les périmètres irrigués 2011. Observatoire National de l'Agriculture. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, Tunis.

ONAGRI. 2016. Balance Agroalimentaire : recap de la balance alimentaire (2005-2015), Site de l'ONAGRI : http://www.onagri.nat.tn/balances?id.

ONAGRI. 2020. Le marché de l'huile d'olive au niveau national et mondial et mécanismes de régulation. [Cité 15 avril 2020]. http://www.onagri.nat.tn/uploads/veille/marche-de-lhuileolive.pdf.

Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation et L'agriculture. Rome, 2013 La Situation Mondiale de L'alimentation et de L'agriculture. ISSN 0251-1460. www.fao.org/publications.

Organisation mondiale du tourisme (2013), Le tourisme et la diversité biologique – Réaliser les objectifs communs en faveur de la durabilité, OMT, Madrid.

OSS, 2014. Développement et valorisation des plantes aromatiques et médicinales (PAM) au niveau des zones de la région MENA (Algérie, Égypte, Jordanie, Maroc, Tunisie). Rapport Technique, 152 p.

Ounis A (2002) « Caractérisation environnementale de la région de Mdhilla (Bassin Gafsa Sud). Étude des rejets de l'usine de Mdhilla et des laveries de la Compagnie de Phosphate de 305 Gafsa ». DEA de Géologie Appliquée à l'Environnement. Université Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis. 109 p.

Powell D F. 1988. The response of non-target predatory arthropods to deltamethrin applied to winter wheat on two alternative dates in autumn. Aspects of Applied Biology 17(2): 235-236.

Primack RB, Sarrazin F, and Lecompte J. 2012. Biologie de la Conservation. Dunod. Paris.

Programme des Nations unies pour l'environnement (2010), *Êtes-vous un leader vert ? Les entreprises et la biodiversité : des arguments en faveur d'une solution durable*, PNUE, Paris.

Purvis G, Bannon J W. 1992. Non-target effects of repeated methiocarb slug pellet application on carabid beetle (Coleoptera: Carabidae) activity in winter-sown cereals. Annals of Applied Biology 121(2): 401-422.

Quadra GR, de Souza HO, dos Santos Costa R, dos Santos Fernandez MA (2016) Do pharmaceuticals reach and affect the aquatic ecosystems in Brazil? A critical review of current studies in a developing country. Environ Sci Pollut Res 24(2):1–19.

Rapport national de l'état de l'environnement (2001). Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire.

Rehman S U, Browning H W, Nigg H N, Harrison J M. 2000. Increases in Florida red scale populations through pesticidal elimination of *Aphytis holoxanthus* Debach in Florida citrus. Biological Control 18(2): 87-93.

Sami Sayadi (2014) Assistance Technique Stratégie Nationale du Secteur des Biotechnologies Expert sectoriel « environnement », projet d'appui au système au système de recherche et innovation.

Schuld M, Schmuck R. 2000. Effects of thiacloprid, a new chloronicotinyl insecticide, on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae*. Ecotoxicology 9(3): 197-205.

Sétra, 2003. Wildlife ant Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. Rapport COST 341 - Fragmentation des habitats due aux infrastructures de transport. Document édité par le Sétra dans la collection « les rapports ». Cette collection regroupe les rapports d'études, de recherche, d'expérimentation, d'expériences. http://www.setra.equipement.gouv.fr.

SPA/RAC - ONU Environnement/PAM, 2020. Prospection des côtes tunisiennes à la recherche des sites de nidification de la tortue marine. Par Jribi I., SPA/RAC, Projet MAVA Tortue Marine : 48p.

STEG, 2016. Évaluation avifaune et plan de protection aviaire. https://www.steg.com.tn/dwl/EIES_2016/EIES_francais/46575_STEG_V_Tunisie_5_Avifaune_FR.pdf.

Teyssèdre A, Couvet D. 2010. " Écologie et biodiversité : Des population aux socioécosystèmes". Editions Belin, 2010. France.

Tietjen W J, Cady A B. 2007. Sublethal exposure to a neurotoxic pesticide affects activity rhythms and patterns of four spider species. Journal of Arachnology 35(2): 396-406.

UICN: 2009. IUCN Red list threatened Species, IUCN Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK, 2009. http://www.iucnredlist.org.

Unal G, Jepson P C. 1991. The toxicity of aphicide residues to beneficial invertebrates in cereal crops. Annals of Applied Biology 118(3): 493-502.

Vickery J A, Tallowin J R, Feber R E, Asteraki E J, Atkinson P W, Fuller R J & Brown V K. 2001. The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. J. Appl. Ecol. p 38: 647-664.

Vidal, R. R. Hichem et K.Dhaou (2007). « Espace privé, espace public et espace vert. Les conditions de la construction d'une urbanité touristique sur le littoral tunisien », dans P. Duhamel et R. Knafou (ed.), *Mondes urbains du Tourisme*, Belin, Paris, p. 256-269.

Wilson E O. 1988. " Biodiversity". National Academy Press. Washington, D.C. 1988.

Zarai T. 2017. Les Pesticides à usage agricole en Tunisie « Cadre réglementaire & procédure d'homologation».

Zoebelein G. 1988. Long-term field studies about pesticide effects on ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomologia Generalis* 13(3-4): 175-187.