

Chapitre I : CARACTERES GENERAUX DES ZONES ARIDES

A : Caractéristiques des zones arides et semi-arides:

Introduction

Les zones arides et semi-arides occupent 30% des terres émergées de la planète. La moitié de cette superficie, formée de terres pastorales ou agricoles, est consacrée à la production économique. Près de deux milliards de personnes vivent dans ces régions souvent situées dans les pays en développement, et dépendent directement des ressources naturelles. L'exploration et l'extraction de minéraux, de pierres, de métaux et d'hydrocarbures offrent un espoir de développement économique et social bien nécessaire, mais ces activités peuvent aussi avoir de profondes incidences environnementales et sociales. Faute d'être bien gérées, elles peuvent avoir des effets qui persistent longtemps après que l'exploration et l'exploitation ont cessé. Le principe même du développement durable exige que les ressources naturelles, économiques et sociales soient maintenues pour les générations futures et reconnaît que la définition des ressources à conserver, des principes de répartition équitable de ces ressources et des pouvoirs décisionnels doit incomber à tous les acteurs. Il faut donc s'assurer que les activités des industries extractives existantes et nouvelles, engendrent un partage équitable des ressources exploitées, du point de vue des ressources économiques et humaines, aux niveaux national et local et n'entraînent qu'une dégradation minimale de l'environnement. Dans les régions arides et semi-arides, les ressources minières et pétrolières peuvent servir à générer la richesse et le développement durable, faisant en sorte que les communautés profitent des avantages économiques à long terme et que l'environnement local continue de fournir des biens et services après la cessation des activités extractives. En reconnaissant que l'interdépendance environnementale, économique et sociale est un principe fondamental des activités des industries extractives dans les zones arides et semi arides, les entreprises admettent progressivement et respectent la gestion intégrée des terres, de l'eau et des ressources vivantes qui garantit la conservation et l'utilisation durables et équitables des ressources naturelles.

1 : Description des milieux arides et semi arides.

La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification définit les zones arides, semi-arides et subhumides sèches comme des «zones, à l'exclusion des zones arctiques et subarctiques, dans lesquelles le rapport entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration possible [l'indice d'aridité] se situe dans une fourchette allant de 0,05 à 0,65».

Les zones hyperarides sont caractérisées par un rapport habituellement inférieur à 0,05. Ensemble, ces milieux arides comptent pour plus de 47% de la masse terrestre de la planète et sont répartis, géographiquement, sur tous les continents.

Le continent africain possède la plus vaste superficie de milieux arides tandis que l'Australie en a la plus forte proportion environ 75% de sa superficie. Les caractéristiques physiques et climatiques des milieux arides ainsi que de leur flore et de leur faune varient considérablement. Les caractéristiques physio géographiques, la proximité au littoral et l'altitude contribuent au caractère de milieux arides spécifiques. Les plantes et les animaux se sont adaptés à des conditions écologiques extrêmes; beaucoup sont uniques et endémiques et enrichissent, de ce fait, la biodiversité mondiale. En réalité, de nombreuses cultures telles que le blé, le maïs, l'orge et le millet ainsi que de nombreuses espèces de bétail sont apparentées à des espèces qui trouvent leur origine dans les milieux arides. De nombreux écosystèmes arides sont caractérisés par une résilience naturelle élevée mais doivent aujourd'hui faire face à des pressions sans précédent, résultat de changements induits par l'homme (**voir carte ci-dessous**).

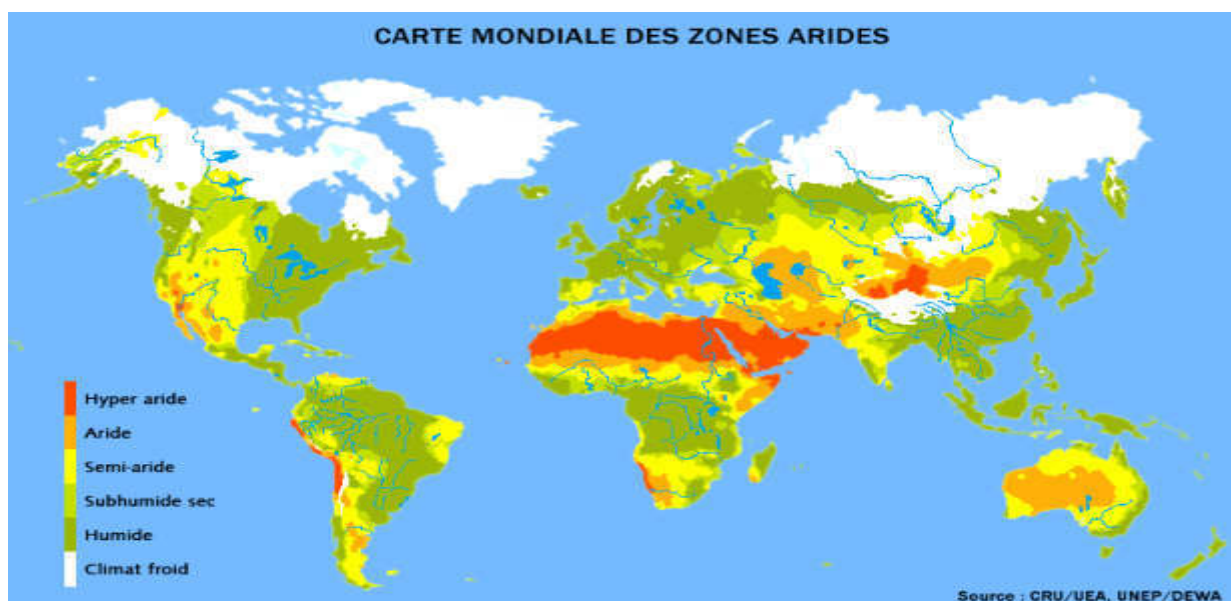


Figure1 : Carte de distribution des milieux arides dans le monde.(CRU/UNEP/DEWA 2017)

2 : Définitions utiles

* **Zone aride** : on parle de **zone aride** lorsqu'un milieu perd davantage d'eau par évaporation et transpiration qu'il n'en reçoit par les chutes de pluies. L'aridité est le manque d'eau permanent qui affecte une région. Elle ne dépend pas de la température : il existe des espaces arides et froids (aux pôles par exemple). On mesure le degré d'aridité* d'une région en fonction de l'indice d'aridité qui mesure la différence entre l'évapotranspiration* potentielle (ETP) et la pluviosité.

***Zone semi-aride** : les régions semi-arides sont un sous-type de terres sèches dont l'indice d'aridité (c'est-à-dire le rapport entre les précipitations annuelles totales et l'évapotranspiration potentielle) se situe entre 0,20 et 0,50. Caractérisée par des précipitations annuelles moyennes comprises entre 200 et 700 mm, souvent à caractère orageux, et regroupées en saisons alternées. Dans de telles régions, l'épaisseur du régoilthe, le couvert végétal, le degré de pente, la longueur des pentes et la configuration des fissures peuvent varier considérablement dans l'espace et dans le temps en raison du comportement variable des matériaux du badlands.

Pastoralisme : dit aussi l'utilisation extensive des parcours collectifs pour l'élevage, représente un mode de vie culturel et économique essentiel qui concerne entre 100 et 200 millions de personnes dans le monde. En général, les sociétés spécialisées dans l'élevage d'animaux nécessitant des déplacements périodiques sont appelées nomades pastoraux. Cela exclut les groupes tels que les chasseurs-cueilleurs, les gitans, les travailleurs agricoles migrants ou les cadres d'entreprise qui sont nomades, mais pas pastoraux.

***Zones sèches** : les zones sèches correspondent aux zones arides, semi-arides et subhumides sèches.

Tableau 1 : Distribution des zones arides et semi arides en fonction Indices IA, ETP et étages bioclimatiques

Zone	Indice d'aridité (IA)=P moy annuelles évapotranspiration Potentielle=(ETP)	Part de la surface terrestre mondiale	Période de croissance en jours	Part de la surface terrestre mondiale
Arides	0,05<IA<0,2	12.1%	1 à 59	7%
Semi-arides	0,2<IA<0,5	17.7%	60 à 119	20%
subhumides	0,5<IA<0,65	9.9%	120 à 179	18%
sèches	0,05<IA<0,65	39.7%	1 à 179	45%

Dans un contexte de développement durable, le terme exclut généralement les zones hyperarides (déserts). La dégradation des terres dans les zones sèches du monde crée généralement des conditions similaires à celles du désert. En termes d'environnement, les zones sèches sont caractérisées par :

- Les précipitations faibles, peu fréquentes, irrégulières et imprévisibles ;
- De grandes variations entre les températures du jour et de la nuit ;
- Des sols contenant peu de matières organiques et présentant un manque d'eau ;
- Une faune et une flore adaptées aux variations climatiques (résistants à la sécheresse, s'accommodant de l'eau salée et capables de supporter un manque d'eau). (voir le tableau ci-dessous).

3 : Environnement physique

3.1 : Le climat : la plupart des régions arides sont situées au-dessous des zones de haute pression dans lesquelles un système frontal porteur de pluie ne peut que rarement pénétrer. En conséquence, ces régions connaissent une pluviosité faible et clairsemée, extrêmement variable selon les saisons et selon les années. La pluie tombe peu fréquemment, en orages isolés qui peuvent provoquer des crues dans les réseaux fluviaux asséchés. La variabilité de ces phénomènes entraîne généralement des périodes de sécheresse ou de pluviosité plus forte que la moyenne qui durent plusieurs années. Les températures varient énormément, quotidiennement et selon les saisons. Le ciel sans nuages et l'air sec favorisent le réchauffement intense du sol et de la basse atmosphère durant la journée. Cette chaleur irradie vers l'atmosphère, après le coucher du soleil, et l'on observe un rafraîchissement brutal la nuit et même des gelées en hiver.

Les masses d'air sont généralement stables et la vitesse du vent souvent faible. Le réchauffement localisé de la surface, associé à l'absence d'arbres dans des paysages ouverts, peut produire, localement, des vents violents et des tourbillons de poussière de grande vitesse.

3.2 : La qualité de l'air : dans les zones arides et semi-arides, la qualité de l'air varie — de pure à chargée en matières particulaires. De grandes quantités de poussières proviennent de la météorisation des roches, de la déflation des sols et de l'abrasion éolienne. La poussière et le sable peuvent également provenir de sédiments et de zones sèches cultivées balayés par le vent. Portées par les vents, les particules peuvent être transportées sur de longues distances, provoquant des tempêtes de poussière ou des tourbillons de poussière de brève durée.

3.3 : Les paysages : dans les milieux arides, on trouve une large palette de paysages spectaculaires montagnes, terrains tabulaires, collines, hamadas, cônes alluviaux, plaines fluviales, deltas, oueds et lits de cours d'eau asséchés, dunes et mers de sable, étendues sableuses, pavages et étendues désertiques et dépôts volcaniques récents. Ces caractéristiques sont importantes à la fois visuellement dans des paysages où il n'y a généralement pas d'arbres et biologiquement en tant que micro-habitats. La topographie des milieux arides redistribue les ressources en eau, permettant à la végétation et aux arbres de pousser dans les régions proches des vallées et à proximité des sources d'eaux souterraines permanentes. Dans les régions où les précipitations sont légèrement plus élevées, il se peut que des types de paysages de prairie et de savane prédominent.

3.4 : Les sols : Les zones arides et semi-arides, les sols peuvent être profonds ou peu profonds, sableux ou argileux et varier en acidité et en fertilité. La productivité dépend de la capacité de rétention d'eau des sols qui tend à augmenter avec la profondeur et le contenu organique. La capacité de rétention d'eau des sols sableux est inférieure à celles des sols argileux. La végétation des zones arides et semi-arides étant souvent clairsemée, les particules peuvent être charriées par l'eau et lessivées dans les porosités du sol, ce qui rend celui-ci plus dur et moins absorbant. Ce phénomène favorise le ruissellement et l'érosion des particules fines contenant des nutriments. Un sol érodé est moins apte à retenir la végétation et plus susceptible d'être altéré par l'eau et par le vent. La géomorphologie de nombreuses régions arides crée de vastes bassins de drainage intérieurs sans écoulement naturel. L'évaporation laisse des sels dans le sol qui, s'ils ne sont pas dissous par la pluie et redistribués, conduisent à la salinisation des terres (**Cartes ci-dessous**).

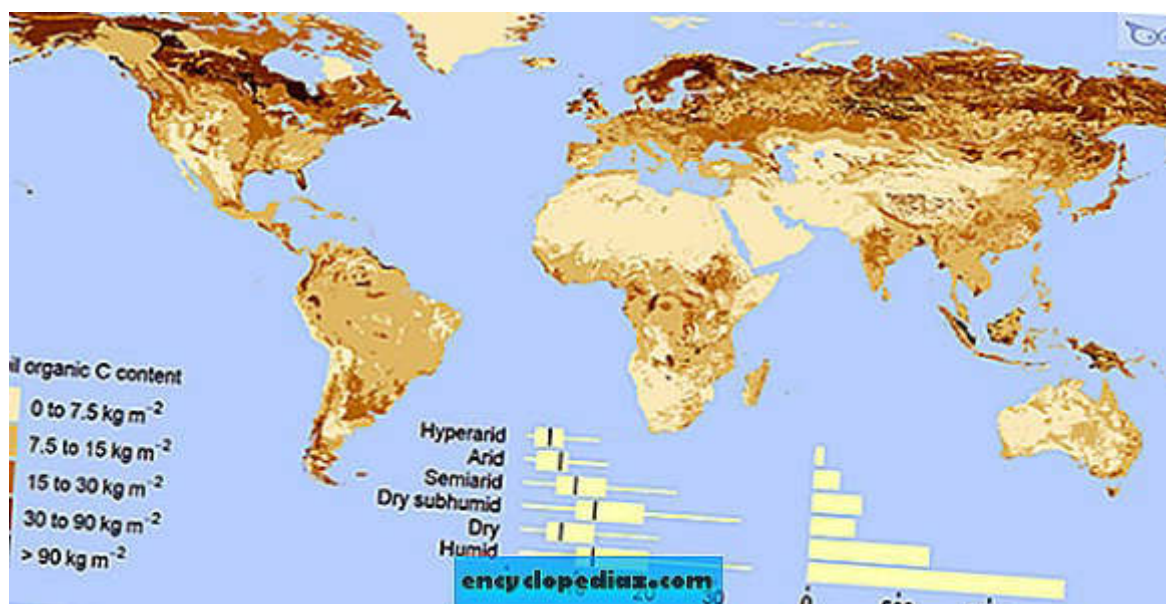


Figure2 : Carte Ressources en sols et stocks des éléments dans les zones arides.

(Encyclopedia,2015)

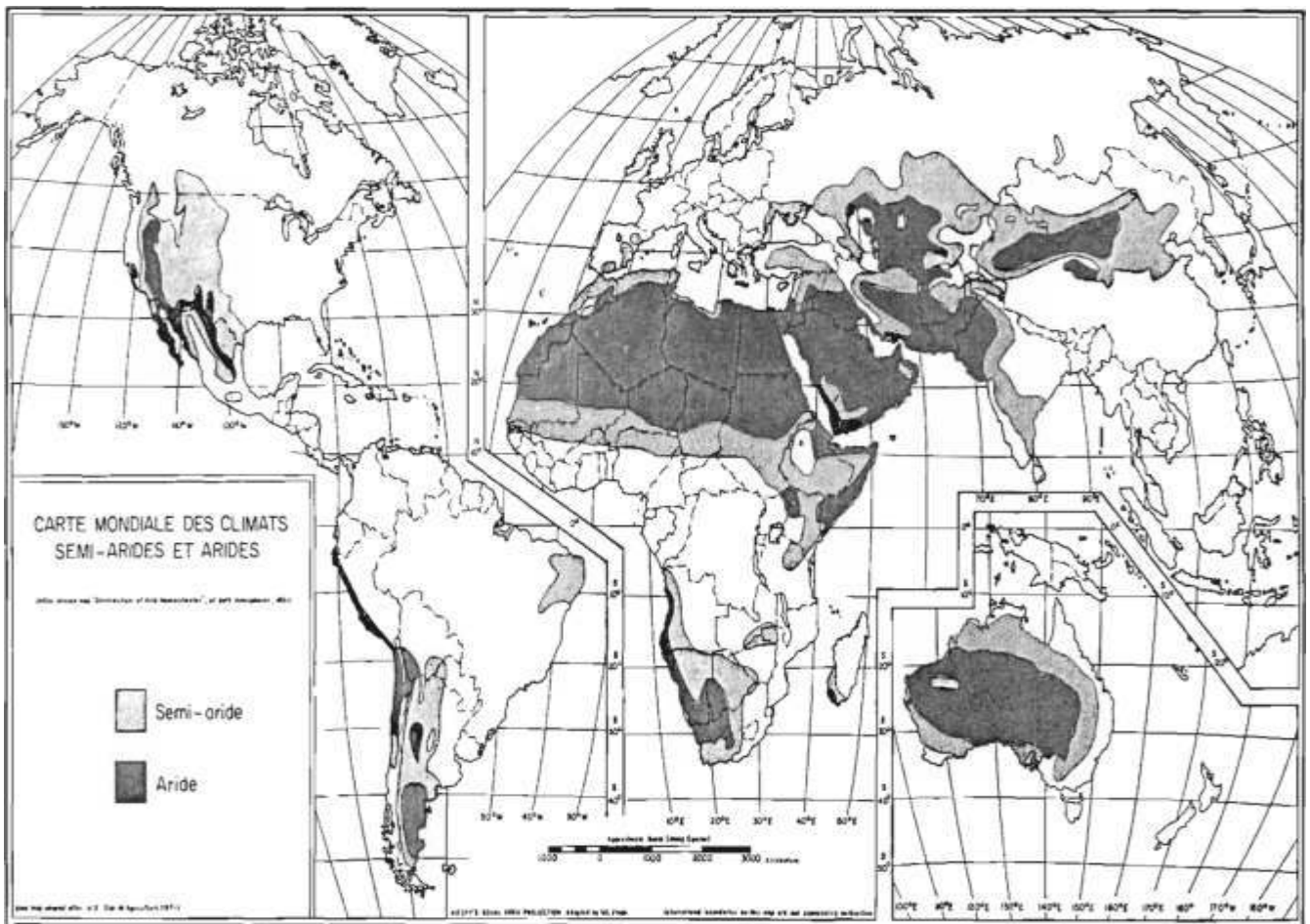


Figure3 : carte de conservation des sols et des eaux en zones arides. (Duchauffour,1956)

3.5 : Les ressources en eau : les milieux arides sont caractérisés par une pénurie d'eau. Outre les eaux de surface qui persistent pour de brèves périodes après les orages, la majeure partie des ressources en eau est souterraine. Il s'agit d'eau fossile ou d'eau géologiquement confiné; n'étant plus alimentée par les pluies, cette ressource est finie et non renouvelable. Dans une large mesure, ce sont les précipitations faibles et variables, la topographie, la perméabilité des sols, le couvert végétal et le taux d'évaporation qui déterminent la quantité et la nature des eaux de surface. Dans certaines régions, de petits cours d'eau ou de petits lacs peuvent se former après les pluies. D'autres masses d'eau peuvent être alimentées par des sources. Il peut aussi y avoir des eaux de surface dans les cours d'eau ou les oueds qui prennent leur source dans des régions plus humides ou dans des bassins versants montagneux. Les zones humides qui se forment dans les milieux arides jouent un rôle extrêmement important, tant comme écosystèmes naturels et zones de diversité biologique élevée que comme centres d'activités humaines. La distribution des eaux souterraines est inégale et celles-ci sont souvent très profondes. Seule, une petite proportion des eaux souterraines pénètre dans le cycle hydrologique ou est rechargée localement; certains aquifères se trouvent dans des systèmes fermés et, une fois drainés, ne se reconstituent plus. Les systèmes ouverts sont

généralement rechargés par l'eau de régions où la pluviosité est plus élevée, par l'intermédiaire de cours d'eau, de canaux ou par la circulation des eaux souterraines. Certains aquifères profonds contiennent des eaux fossiles créées il y a plusieurs milliers d'années dans des conditions climatiques plus humides; elles sont parfois de très bonne qualité.

La qualité des eaux souterraines moins profondes varie de douce à saline selon la nature de la roche mère; elles peuvent contenir des particules chimiques dissoutes ou en suspension. Les eaux souterraines des milieux arides sont parfois impropres à la consommation humaine ou agricole mais peuvent cependant être utilisées pour les opérations minières



Figure 4 : Photo : le désert de Sahara Algérienne (DGF, 2016)

4 : Le milieu biologique

4.1 : Végétation et flore

: les types de végétation varient considérablement entre les régions et comprennent différents types de prairies, parcours, zones boisées et forêts qui se sont adaptés afin de survivre dans des conditions de précipitations irrégulières, de fortes radiations solaires, de feux et de sécheresses périodiques. La végétation dépend des types de sols locaux, de l'équilibre nutritif et des conditions climatiques. Toute l'année, la couverture végétale est généralement éparse et claire. La biomasse peut varier considérablement d'année en année mais la composition spécifique reste généralement constante.

Dans les milieux arides, les plantes ont évolué de manière à survivre dans des conditions climatiques extrêmes. Soit elles sont xérophiles et résistent à la sécheresse (comme les cactus et les succulentes), soit elles évitent la sécheresse (comme les graminées annuelles).

Les halophytes : ont une tolérance remarquable aux conditions salines. Trois catégories fondamentales de plantes poussent dans les régions arides :

- **Les plantes éphémères** sont herbacées (non ligneuses) et ont un cycle biologique extrêmement court (environ 6 à 8 semaines). Elles n'ont pas de propriétés leur permettant de résister à la sécheresse car elles ne poussent que durant les périodes humides. Leurs graines peuvent rester longtemps en dormance dans le sol, jusqu'à ce que des précipitations suffisantes et des températures favorables activent la germination. Ces plantes sont petites et leur enracinement est superficiel. Elles poussent, fleurissent et meurent très rapidement, nourrissant le sol pour préparer le terrain à la colonisation d'autres types de plantes. Dans les zones arides, la couche superficielle du sol contient de fortes proportions de graines qui sont une ressource précieuse pour la remise en état des terres dégradées.

- **Les plantes succulentes pérennes :** peuvent endurer la sécheresse. La surface externe est couverte d'une couche imperméable de matière cireuse qui atténue le plus possible la perte d'eau; ces plantes présentent une hypertrophie de leur tige ou de leurs feuilles dans lesquelles elles accumulent un plus grand volume d'eau. Elles comprennent les Cactaceae du Nouveau Monde et les Euphorbiaceae succulentes de l'Ancien Monde.

- **Les plantes pérennes ligneuses :** vont des graminées et herbes ligneuses aux arbustes et aux arbres. Elles peuvent être sempervirentes ou décidues et sont très rustiques. De nombreuses plantes pérennes ligneuses sont épineuses ou à texture rugueuse. Certaines produisent des graines qui ne germent que si le manteau de la graine est fendu ou brûlé. Du fait même de son adaptation à un climat rigoureux et variable, la flore des milieux arides peut être extrêmement diverse. De nombreuses espèces végétales des zones arides sont endémiques et limitées à des habitats particuliers. Certaines sont des reliques de périodes anciennes, plus humides ou plus sèches, et survivent dans des localités particulières ou des refuges (par exemple les montagnes du Sahara).

Les zones arides et semi-arides occupent 30% des terres émergées de la planète. La moitié de cette superficie, formée de terres pastorales ou agricoles, est consacrée à la production économique.

Près de deux milliards de personnes vivent dans ces régions souvent situées dans les pays en développement, et dépendent directement des ressources naturelles.

L'exploration et l'extraction de minéraux, de pierres, de métaux et d'hydrocarbures offrent un espoir de développement économique et social bien nécessaire, mais ces activités peuvent aussi avoir de profondes incidences environnementales et sociales. Faute d'être bien gérées, elles peuvent avoir des effets qui persistent longtemps après que l'exploration et l'exploitation ont cessé.

Le principe même du développement durable exige que les ressources naturelles, économiques et sociales soient maintenues pour les générations futures et reconnaît que la définition des ressources à conserver, des principes de répartition équitable de ces ressources et des pouvoirs décisionnels doit incomber à tous les acteurs.

En général, les zones arides sont caractérisées par :

- Des précipitations rares et très irrégulières : il arrive souvent qu'il ne pleuve pas pendant des années.
- Des rosées matinales y constituent souvent la seule ressource en eau en surface pour les espèces vivantes présentes dans les zones arides.
- Une évaporation* plus importante que les précipitations.
- Une forte amplitude thermique entre les températures diurnes et nocturnes.
- Un vent constant et souvent fort.
- Un sol pauvre et mince.
- Une végétation rare, basse et atrophiée dite xérophytes composée notamment de plantes succulentes ou grasses.
- Une petite faune peu dense, on y retrouve des insectes, des petits reptiles, des arachnides, des rongeurs et quelques oiseaux nocturnes.
- Une faible densité humaine.

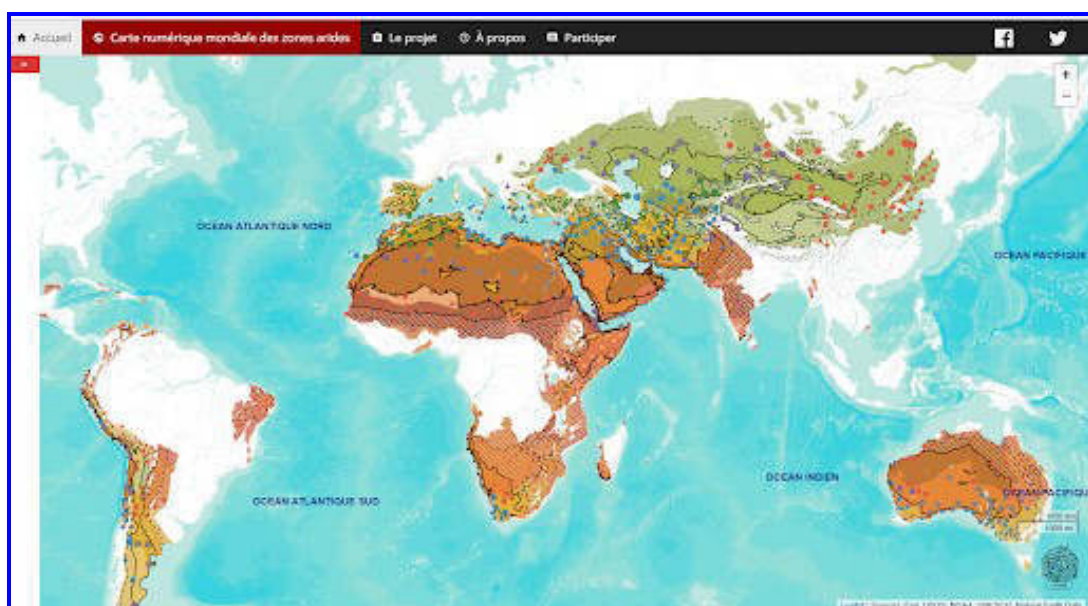


Figure5: La carte numérique mondiale des zones arides (UTM500 Mapper)

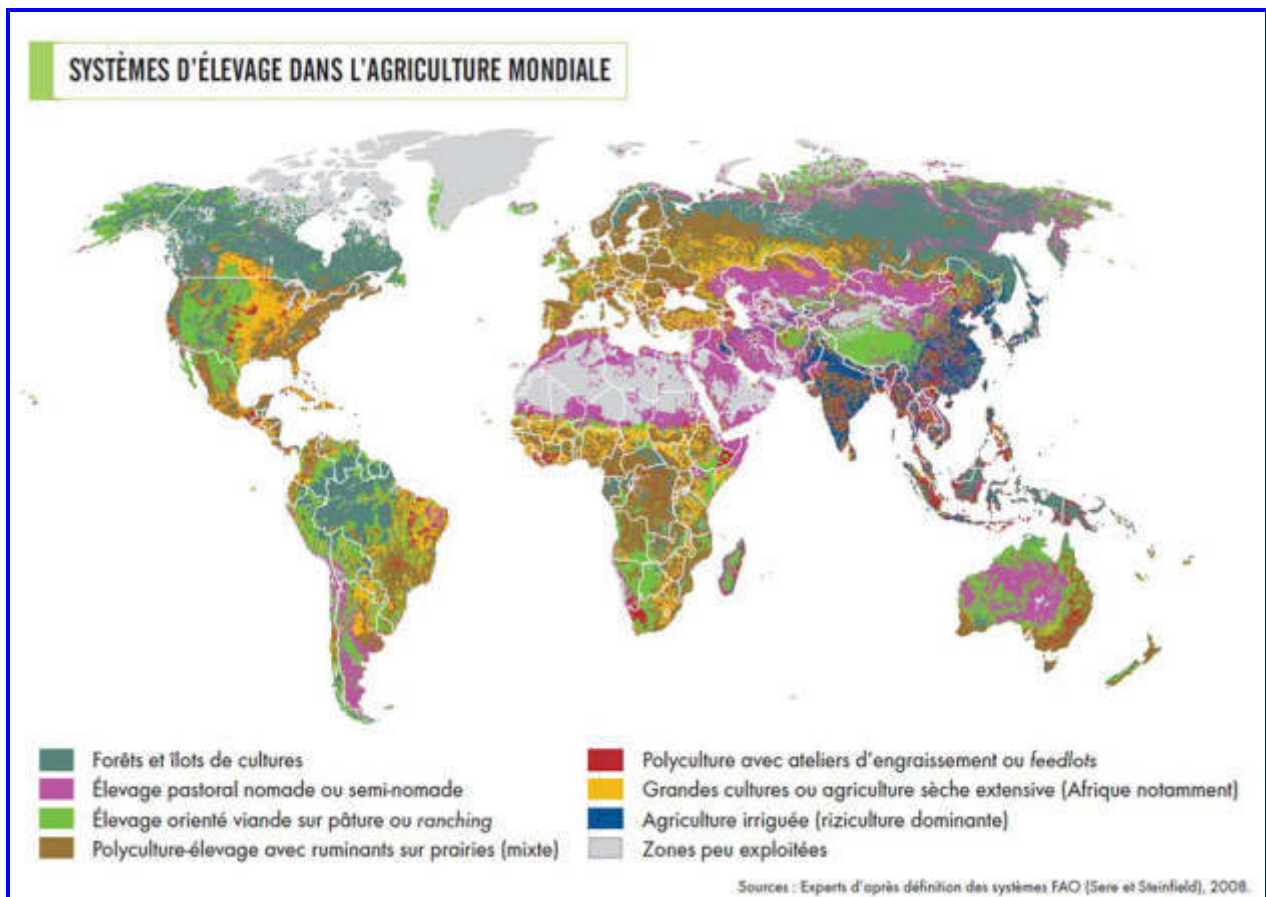


Figure 6 : Carte des systèmes d'élevage dans l'agriculture mondiale (FAO, 2008)

La distribution mondiale des degrés d'aridité et la distribution des zones arides par continents est bien illustrée dans les tableaux ci-suivants :

Tableau2. Répartition mondiale des zones arides (Joly, 1957).

Climat	Superficie (million km²)	Proportion (%)
Hyperaride	5,81	5
Aride	21,80	16
Semi-aride	21,24	15
Total	48,86	36

Tableau3 : Répartition des zones arides par continents (Grainger, 1990)

Continent	Superficie (million km ²)	Proportion (%)
Afrique	17,3	37
Asie	15,7	33
Australie	6,4	14
Amérique du Nord Mexique	4,4	9
Amérique du Sud	3,1	7
Europe	0,2	0
Total	47,1	100

En Algérie, **les écosystèmes steppiques** ont une vulnérabilité concernant une variabilité plus marquée des précipitations ainsi qu'une occurrence plus accrue d'épisodes secs et pluvieux. Ils sont susceptibles d'avoir des impacts non négligeables en termes de dynamique de distribution des formations végétales. En termes de service, l'élevage serait probablement affecté alors que la désertification accrue du milieu diminuera la résilience de l'écosystème. Par ailleurs, **les écosystèmes sahariens** présentent une forte résilience à l'aridité. Au niveau spatial, les principales vulnérabilités de l'espace saharien sont au niveau des oasis (**Carte ci-dessous**).

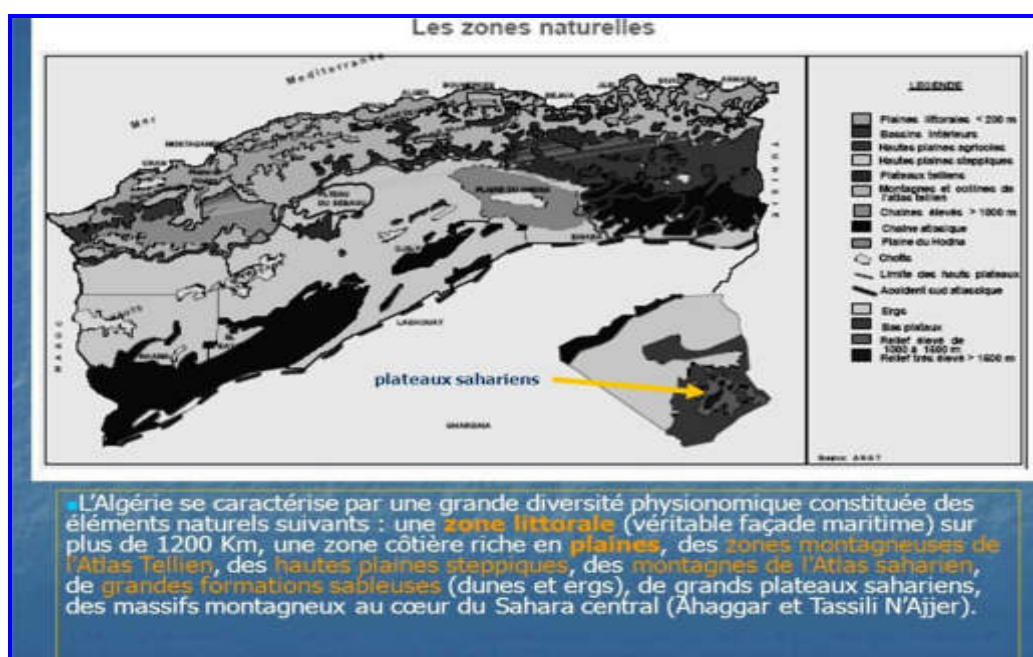


Figure7 : Carte les différents zones naturelles en Algérie (Source: Morsli,2009)

4.2 : L'aridité climatique et édaphique :

- **L'aridité d'origine climatique** peut être accentuée ou atténuée selon les types de sols et leur utilisation par l'homme. Cette aridité climatique est en général appréciée sur la base d'indices utilisables surtout à petite échelle, et qui font intervenir la pluviosité moyenne, annuelle ou mensuelle, de la région. A l'échelle de la parcelle, il vaut mieux considérer la pluie «efficace», celle qui après ressuyage du sol, contribue réellement à l'accroissement des réserves hydriques.
- **L'aridité d'origine édaphique** s'envisage à la lumière d'un certain nombre de facteurs révélés par la lithologie, la géomorphologie, l'hydrologie, la végétation et la pédologie. Leur rôle est d'accentuer ou de limiter localement l'action du climat et de le répercuter sur le déficit hydrique,

Exemple : La région du *lac Jabbûl*, la présence des plateaux basaltiques intervient dans l'établissement de conditions locales favorables à la mise en valeur agricole. Les réserves hydriques, localisées dans le calcaire « crayeux », sous la chape basaltique, ont longtemps constitué un des atouts principaux de la région. Aujourd'hui, fortement diminuées par les ponctions, leur rôle est moindre.

Cependant, les écoulements d'inféoflux, dans les nombreuses vallées des plateaux, contribuent à atténuer l'aridité édaphique et à favoriser la mise en valeur agricole. C'est aussi le cas des écoulements d'inféoflux affectant les vallées aujourd'hui sèches au nord du lac.

À l'inverse, le lac Jabbûl, en grande partie asséché de la fin du printemps au début de l'automne, est un facteur local d'accroissement de la salinité des sols et de l'aridité de l'air. En raison de son assèchement, le lac est soumis à l'action des vents qui transportent les poussières salines (gypse et halite) pour les déposer sur les sols et sur les cultures. Ce phénomène contribue à diminuer le potentiel agronomique des sols tout en accentuant l'action desséchante du vent. Cette situation est valable pour l'ensemble de la région mais affecte surtout les cultures irriguées d'été. Cependant, la portée réelle de ce phénomène n'est pas connue (figure 8).



Figure 8 : Le déficit pluviométrique (aridité d'origine climatique). Bouzid, 2020

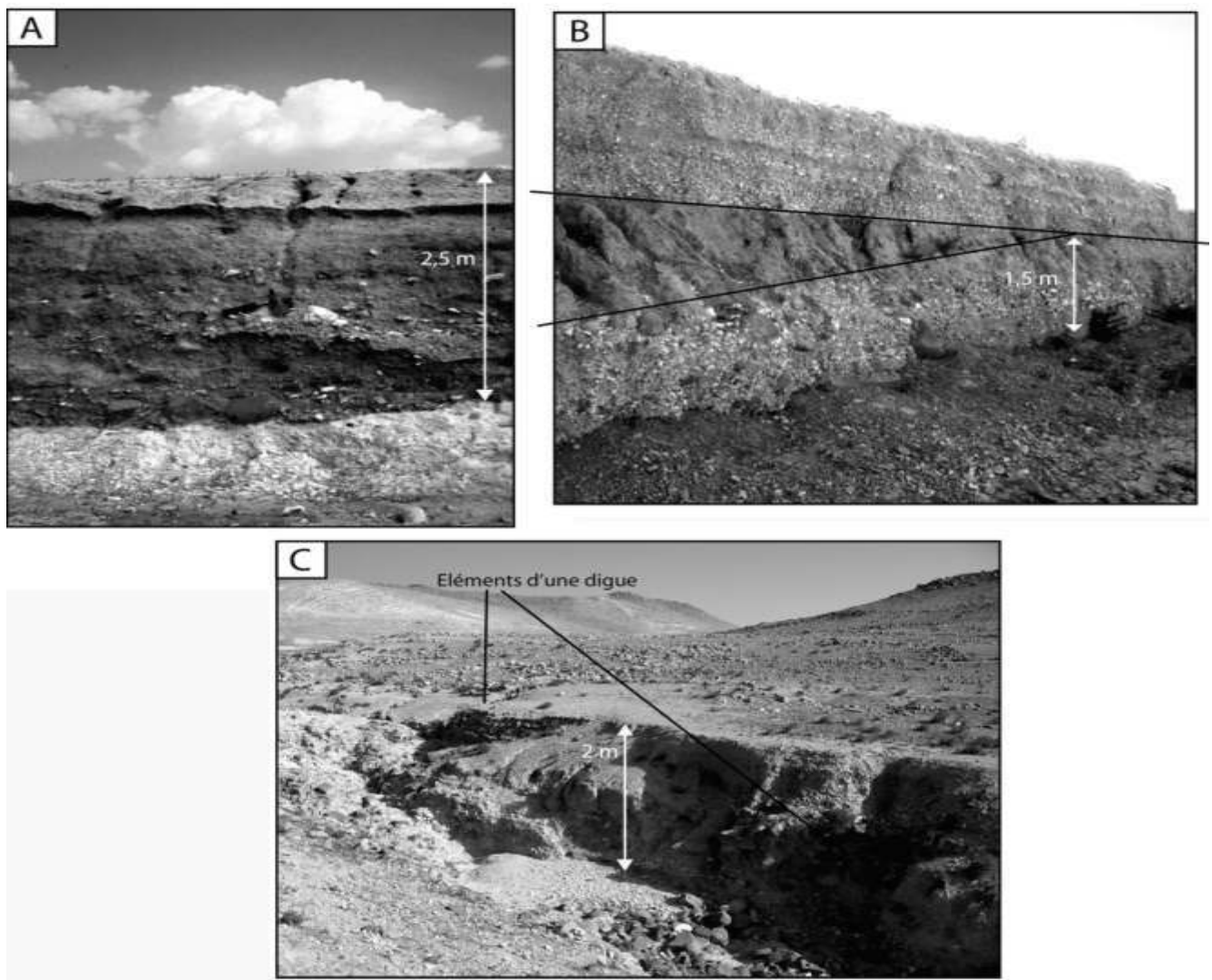


Figure 9 : L'évolution ralentie du milieu naturel dans la steppe aride du nord de la Syrie à l'Holocène

4.3 : Les caractéristiques biotiques et abiotiques

4.3.1 : La composante végétale : dans les zones arides, le couvert végétal est rare. On peut néanmoins distinguer trois formes de plantes:

- * Annuelles éphémères;
- * Pérennes succulentes;
- * Pérennes non succulentes.

* **Les éphémères annuels**, qui apparaissent après les pluies, accomplissent leur cycle de vie au cours d'une brève saison (+8 semaines). Leur croissance est limitée à une courte période humide. Les éphémères ne possèdent pas les caractéristiques xéromorphiques des pérennes. En général, elles sont de petite taille, ont des racines peu profondes et leur adaptation physiologique est constituée

par une croissance active. Les éphémères survivent pendant la saison sèche, qui peut durer plusieurs années, sous forme de graines. Elles peuvent parfois former des peuplements denses et fournir du fourrage.

***Les pérennes succulentes :** sont capables d'accumuler et de stocker de l'eau (qui peut être consommée pendant les périodes de sécheresse); ceci est dû à la prolifération du tissu parenchyme des tiges et des feuilles et aux faibles taux de transpiration qui les caractérisent. Les cactus sont des pérennes succulentes typiques.



Lonas annua
Maire

Suaeda vermiculata

Suaeda ifniensis (Caballero) ex

***Les pérennes non succulentes :** Constituent la majorité des plantes de la zone aride. Ce sont des plantes rustiques, qui comprennent les graminées, les petites plantes ligneuses, les buissons et les arbres qui supportent le stress de l'environnement des zones arides. Nombre de pérennes non succulentes ont des graines "dures" qui ne germent pas facilement; ces graines doivent souvent être traitées (par trempage dans l'eau ou l'acide) avant de germer. On peut distinguer trois formes de croissance des pérennes non succulentes:

- persistantes - actives biologiquement pendant toute l'année;
- caduques en période de sécheresse - biologiquement dormantes en saison sèche;
- caduques en période froide - biologiquement dormantes en saison froide.



Agave americana



Opuntia polyacantha

Les éphémères sont des espèces qui échappent à la sécheresse et ne sont pas en général considérées comme de véritables xérophytes. Les pérennes succulentes et non succulentes au contraire supportent la sécheresse et sont des xérophytes véritables. Le xérophytisme est l'adaptabilité des

plantes capables de subsister avec de faibles quantités d'humidité. Quelques-unes des caractéristiques des plantes xérophiiles sont les suivantes :

*Développement d'un important système racinaire - la croissance principale des racines peut être verticale, horizontale ou les deux et semble dépendre des conditions du site. Des racines qui pénètrent à 10 ou 15 mètres de profondeur ne sont pas inhabituelles; les racines qui s'étendent horizontalement sont courantes dans les sols peu profonds. Certaines espèces xérophiiles produisent des "racines pluviales" en dessous de la surface du sol, à la suite de précipitations légères ou en période de formation de rosée.

*Pousses moins importantes que les racines - des coefficients système racinaire/système foliacé de 1 à 3,5 ou 1 à 6 sont fréquents.

*Réduction de la surface de transpiration - par la chute ou l'enroulement des feuilles.

-Réduction saisonnière de la surface de transpiration de la plante - ce qui diminue la déperdition d'eau pendant la saison sèche.

*Adaptations spéciales dans les espèces "persistantes" qui diminuent la transpiration - les feuilles sont dures et souvent revêtues d'une épaisse couche de cire; ces plantes sont dites sclérophylles.



Ephedra distachya



Erysimum cheiri

La xénophilie se distingue également par d'autres caractéristiques anatomiques:

- La cuticularisation - formation d'une couche de cutine superficielle semblable à du plâtre;
- La cutinisation - imprégnation de la paroi de la cellule par la cutine, qui forme une couche étanche pourvue de poils abondants;
- des dispositions particulières des stomates dans les creux et les rainures qui assurent une protection contre l'atmosphère aride.



Figure10 : Type de végétation xérophyte

Le manque d'eau, s'ajoute la salinité du sol ; ces deux facteurs affecte directement le végétal, alors la tolérance a ce stress définit la répartition de la végétation dans les zones arides.

Sur le plan géomorphologique la végétation prospère sur les types des sols tels que :

Glacis et pédiments : Ce sont des versants à faible pente qui se développent sur le piémont au pied des montagnes.

Forme de relief, une surface plane et peu inclinée mais non structuré .

Le glacis affecte les roches tendres. Selon son origine, on distingue :

Les glacis d'érosion sont caractérisés par la présence de la roche nue ou couverte de débris qui sont facilement déblayés. Dénommé : « **Piediments** »

Les glacis alluviaux par accumulation atteignent la nappe.

Pédiments : ce sont des glacis d'érosion formés sur des roches dures au pied d'un relief isolé et qui sont typiques des morphologies désertiques.

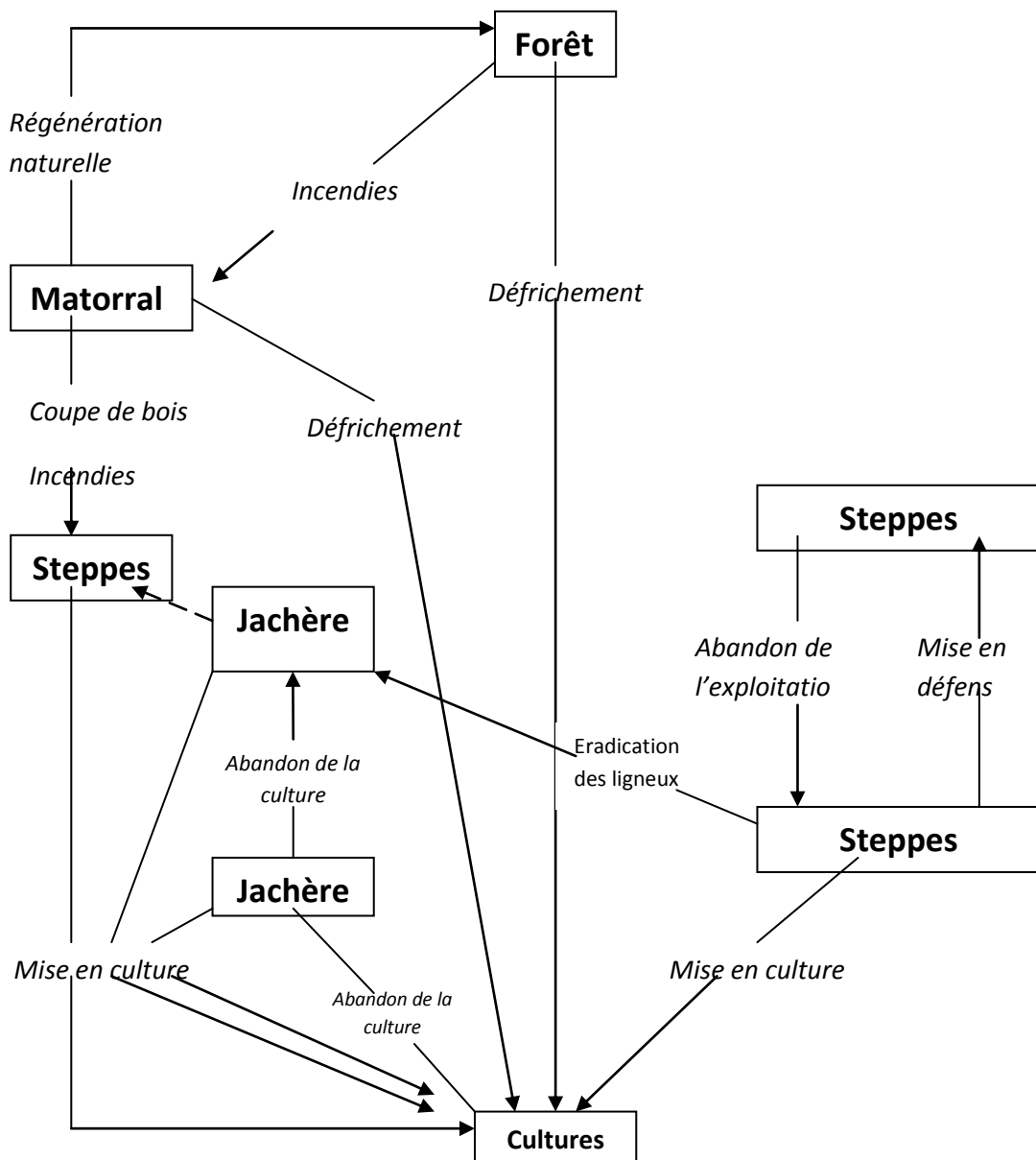


Figure 11: Schéma de l'évolution de la végétation dans l'étage aride
D'après CLAUDIN J. et *al.* (1975) et POUGET M.

4.3.2 : Formations et dégradation forestières

***Les forêts** : Les formations d'au moins 100 arbres est considérée comme forêt (Le souvent composées de *Pinus halepensis* et *Quercus ilex* qui se développent souvent sur les massifs des atlas saharien et tellien.

***Matorrals** : considérées comme la plus typique de la végétation méditerranéenne ils subsistent des arbres et arbustes ne dépassant pas 7m de hauteur, selon se sont les feux répétés et la pauvreté du sol en éléments biogènes qui ont favoriser la formation forestière.

Parmi les principales espèces dominantes : *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea* ,*Quercus ilex* et *Pistacia lentiscus*

4.3.3 : Les formations steppiques :

Constituant un écosystème complexe ou interagissent l'ensemble des contraintes méditerranéennes (déficit hydrique et pression anthropique), la steppe comme les formations végétales basses et ouvertes par des espèces pérennes, dépourvue d'arbres, ou le sol nu apparaît dans les proportions variables.



Figure12 : photo de la steppe algérienne région de Boussâada (BOUNAR,2020)

Les steppes algériennes sont dominées par 4 grands types de formations végétales les formations à alfa (*Stipa tenacissima*), à armoise blanche (*Artemisia herba alba*), à sparte (*Lygeum spartum*) et à remt (*Hamada scoparium*). Les formations azonales sont représentées par les espèces psammophiles et les espèces halophiles (voir carte N^o 6§7).

****Steppe** : est une formation basse et ouverte, dominée par des xérophytes en touffes, laissant paraître le sol nu dans des proportions variables, en fonction du végétal dominant, qui peut être herbacé ... ou ligneux (sous-arbrisseaux) (Le houérou, 1995).

En fonction du végétal dominante, qui peut-être herbacé (graminée) ou ligneux (sous- arbrisseaux), parfois par une référence aux conditions climatiques et édaphiques locales (Steppe aride ou saharienne, Steppe Halophile à Salsolaceae, la Steppe repose souvent sur une combinaison des critères à la fois physiologiques structuraux et écologiques (KAABECHE. 1990).

****Steppe psammophile à *Aristida pungens*:**

Se localise à côté d'Oued sableux de Maïtar. Elle se représente par une strate arbustive composée essentiellement d'*Arthrophytum scoparium* Pomel (Iljin), *Atriplex halimus* L, et *Calligonum azel* L. La strate herbacée est constituée principalement par *Aristida pungens* Desf.

****Steppe à *Stipa tenacissima*:**

Cet habitat est caractérisé par une strate arbustive constituée par deux taxons : *Juniperus phoenicea* L. et *Rhus tripartitum* DC. (Sumac) et une strate herbacée à base d'alfa (*Stipa tenacissima* L.). (MAZARI A, 2020).

Exemple : C'est en étudiant le génome d'une plante bien connue des biologistes, *Arabidopsis thaliana*, que des chercheurs de l'université de Lille et de celle de Chicago ont isolé les gènes qui contrôlent l'adaptation au changement climatique, ce qui leur a permis de mettre en lumière les mécanismes impliqués dans ce processus. Cette plante est en effet un modèle très utilisé par les chercheurs, il existe donc beaucoup de données à son sujet, et ce pour différents environnements et latitudes. Une aubaine pour les auteurs de l'étude parue le mois dernier dans Science, qui ont observé le génotype de différents spécimens *Arabidopsis thaliana*, pour connaître les mécanismes d'adaptation de cette plante aux multiples écosystèmes qu'elle a colonisés.

➤ **Corrélation entre SNP (Single Nucleotid Polymorphism).et variables climatiques :**

Cas de l'espèce : *Arabidopsis thaliana*

Les chercheurs se sont notamment intéressés à certaines sections du génome, les SNP (Single Nucleotid Polymorphism). Ces zones correspondent à un changement d'une seule base entre les génotypes de deux individus et se déclinent sous deux formes : synonyme (la mutation se situe sur de l'ADN non codant ou mènera à la synthèse du même acide aminé) ; non synonyme (la mutation provoquera la formation d'un acide aminé différent).



Arabidopsis thaliana



Figure13: L' Aire de repartition d' *Arabidopsis thaliana*

En confrontant ces données génotypiques à différentes variables environnementales (comme le rayonnement photosynthétique actif, l'humidité, etc.) ils ont prouvé l'existence d'un lien entre ces variables et les SNP non synonymes. Puisque les SNP non synonymes ont une influence sur la formation des protéines, ils sont soumis à la sélection naturelle. Le lien entre ces SNP et certaines variables climatiques montre donc que les variations au sein des SNP correspondent à des adaptations au climat. Du reste, les scientifiques ont fait pousser des plants d'*A. thaliana*, provenant de plusieurs régions (et donc avec des SNP variables) et en se fondant sur leurs hypothèses, ils ont

réussi à prédire le succès reproducteur de ces plantes, preuve que leurs résultats étaient exacts. Cela prouve que ces portions de gènes contrôlent l'adaptation au changement climatique.



Figure14 : Carte : Zones de la végétation au monde (FAO,2011)

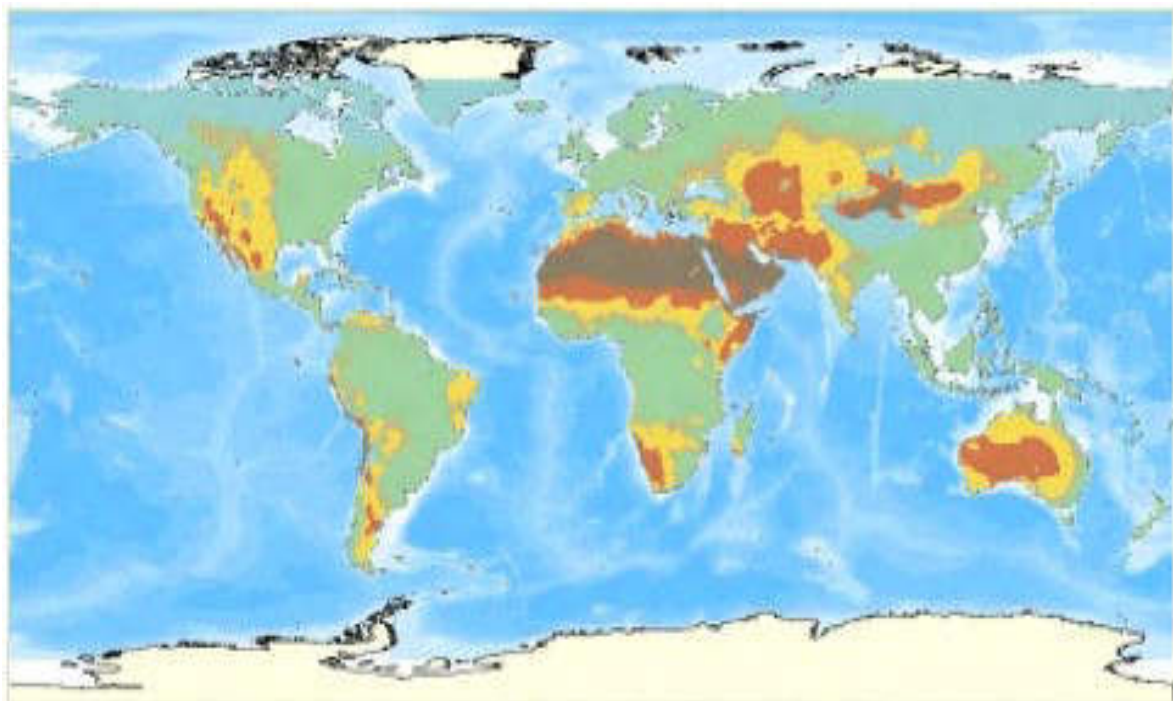


Figure15 : Carte du couvert végétal et les conditions édaphiques en zones à déficit hydrique (FAO, 2014)

4.4 : Structure et stratégie adaptatives

Depuis des millénaires, la disponibilité de l'eau, ou plutôt son absence, a amené les organismes des zones arides à s'adapter de différentes manières pour survivre.

Certains animaux ont la possibilité de se déplacer en réaction à la disponibilité de l'eau, et les migrations sur de longues distances sont un trait caractéristique des zones arides ; mais la faune et la flore des zones arides font montre d'une grande diversité d'adaptations. Quatre grandes catégories d'adaptation peuvent être identifiées

- **La catégorie des espèces qui fuient la sécheresse:** Les animaux qui migrent à la recherche d'eau ou de pâturage, ou les insectes qui « s'enfuient » dans l'œuf ou dans l'étape de nymphe pour attendre le retour de la période humide ;

- **La catégorie de celles qui évitent la sécheresse:** des plantes comme les buissons salins ayant des systèmes racinaires profonds et efficaces ou des animaux tels que certains reptiles qui évitent la chaleur en s'enterrant dans le sol.

La catégorie de celles qui résistent à la sécheresse: Les cactus qui stockent l'eau dans leurs racines et troncs, ou les chameaux qui minimisent la perte d'eau ;

- **La catégorie de celles qui endurent la sécheresse:** Les arbustes et arbres qui entrent en état de dormance, ou les animaux tels que les grenouilles qui estivent pendant les saisons sèches. Les adaptations aux conditions des zones arides comprennent aussi l'adaptation aux pressions liées aux feux et aux herbivores.

Les déserts et les écosystèmes arides et semi-arides risquent de connaître des conditions plus extrêmes. A quelques exceptions près, les déserts deviendraient plus chauds mais pas beaucoup plus humides. La hausse des températures pourrait menacer les organismes qui sont proches de leur seuil limite de tolérance à la chaleur.

L'eau est un facteur limitatif des terres arides et tout changement dans la disponibilité de l'eau pourrait avoir des effets disproportionnés sur la diversité biologique. Par conséquent, il est extrêmement important d'atteindre un équilibre entre les besoins d'eau douce des humains et de la vie sauvage afin que les régions arides et subhumides puissent s'adapter aux changements climatiques.

Cette adaptation peut être réalisée par une gestion durable et efficace des ressources hydriques. La restauration des terres dégradées offre une autre stratégie d'adaptation.

Les animaux étaient capables de se déplacer en altitude ou en latitude, afin de rejoindre des climats qui leur sont plus adaptés. Si les plantes n'ont pas tout à fait les mêmes capacités de migration que les animaux, qu'en est-il de leur capacité d'adaptation ?

Les plantes vivant dans les régions sèches et désertiques ont dû développer des mécanismes et stratégies permettant de gérer cette ressource naturelle parfois très rare qu'est l'eau. Différentes modalités existent :

- ✚ **Adaptation du cycle de végétation à la saison des pluies :** plantes annuelles qui survivent sous forme de graines en saison sèche ou qui entrent en dormance durant l'été ;

- ✚ **stockage d'eau et de nourriture** (principalement hydrates de carbone) pendant de longues périodes dans des tiges souterraines ou des racines profondes et épaisses. L'appareil racinaire peut correspondre à environ 10 fois la masse des parties aériennes.

Remarque : Le genre *Harpagophytum* poussant dans le désert en est un bel exemple dont on utilise en thérapeutique la racine secondaire tubérisée. Les propriétés anti-inflammatoires, contre les douleurs de l'accouchement chez les femmes, contre le diabète, le durcissement des artères



Harpagophyton

- ✚ **ralentissement de l'évapotranspiration par différents mécanismes :**
- ✚ **réduction du nombre de stomates** (responsables lors de la photosynthèse et l'évacuation de l'eau) se concentrant sur la face inférieure des feuilles moins exposées au soleil ;
- ✚ **couverture des feuilles par de longs poils d'aspect laineux (trichomes) réfléchissant la lumière, limitant l'échauffement et conservant l'humidité** (lavandes, sauges ou thym) ;
 - a : réduction de la taille des feuilles comme chez la **bruyère**, l'**astragale** ou l'**asperge** ;
 - b : enroulement plus ou moins important de la feuille en fonction de son état d'hydratation (**romarin**) ;
 - c : Epiderme recouvert d'une couche imperméable à l'eau (l'**olivier**, l'**arbousier**, le **pistachier** ou les succulentes qui stockent l'eau dans leurs feuilles telles les plantes de la famille des crassulacées dont l'**orpin rose** *Rhodiola rosea* L. et la **joubarbe**) ;

Tableau 4 Espèces pour reconstituer les ressources pastorales (Adjabi et al 2019)

Espèces	Familles	Type biologique
<i>Echium pycnanthum subsp humile</i>	<i>Borraginaceae</i>	Hémi.
<i>Helianthemum pilosum</i>	<i>Cistaceae</i>	Cham.
<i>Hordeum murinum</i>	<i>Poaceae</i>	Thér.
<i>Koeleria pubescens</i>	<i>Poaceae</i>	Hémi.
<i>Limonium sinuatum</i>	<i>Plumbaginaceae</i>	Thér.

<i>Limonium thouinii</i>	<i>Plumbaginaceae</i>	Thér.
<i>Lonchophora capiomontiana</i>	<i>Brassicaceae</i>	Thér.
<i>Medicago laciniata</i>	<i>Fabaceae</i>	Thér.
<i>Medicago minima</i>	<i>Fabaceae</i>	Thér.
<i>Medicago truncatula</i>	<i>Fabaceae</i>	Thér.
<i>Phalaris paradoxa</i>	<i>Poaceae</i>	Hémi.
<i>Plantago albicans</i>	<i>Plantaginaceae</i>	Hémi.
<i>Plantago notata</i>	<i>Plantaginaceae</i>	Thér.
<i>Plantago ovata</i>	<i>Plantaginaceae</i>	Thér.
<i>Plantago psyllium</i>	<i>Plantaginaceae</i>	Thér.
<i>Poa bulbosa</i>	<i>Poaceae</i>	Géop.
<i>Reseda alba</i>	<i>Resedaceae</i>	Thér.
<i>Reseda decursiva</i>	<i>Resedaceae</i>	Thér.

4.5 : La composante animale : La faune des zones arides est dans l'ensemble pauvre en espèces. La plupart des groupes zoologiques terrestres et d'eau douce y sont représentés, mais seulement par des familles, des genres ou des espèces qui ont acquis les moyens de subsister dans ces milieux extrêmes.

Leurs adaptations anatomiques sont généralement peu importantes : dimensions relatives des membres chez les gerboises (Jaculus); pigmentation (insectes noirs ou noir et blanc, mammifères et oiseaux de couleurs claires), écaillage des doigts (chez les lézards) et pilosité développée des soles plantaires des mammifères arénicoles (lièvres, fennec, chat de Margueritte).

Les adaptations physiologiques et éco-éthologiques sont beaucoup plus marquées : résistance à la déshydratation ou à la chaleur, adaptation à la faiblesse des ressources alimentaires.

Les espèces représentées dans les zones arides appartiennent, selon les groupes zoologiques, à des familles ou à des genres d'origine tropicale, ou au contraire d'origine tempérée, comme le prouve l'exemple des rongeurs du Sahara. Trois espèces de ces « rats de sable » (genre *Meriones*) vivent en Afrique du Nord, toutes trois granivores et nocturnes. *M. shawi* est lié aux biotopes relativement riches en végétation des plaines et des hauts plateaux, depuis le Maroc jusqu'à l'Égypte ; sa répartition est limitée vers le sud par le désert. Plus au sud, *M. libycus* vit dans les taches de végétation buissonnante, et *M. crassus* creuse son terrier loin de toute végétation. Les terriers des trois espèces ont un microclimat comparable, l'hygrométrie étant à son maximum et la température moyenne proche de 20 à 25 0C.

Exemple : les reptiles des zones arides ; l'un des groupes d'espèces les plus généralement associés au désert et aux zones arides sont les reptiles, dont les serpents, les tortues et les lézards.

Ils sont répartis dans beaucoup des environnements les plus difficiles du monde, mais de manière surprenante, l'on sait très peu sur ces espèces, en l'occurrence sur la situation de leur conservation. L'UICN n'a pas encore mené une étude complète sur tous les reptiles suivant les catégories et critères de la Liste rouge de l'UICN (approximativement un tiers ont été évalués à ce jour), mais des évaluations ont été faites sur la situation d'un certain nombre de régions arides du monde.

Les résultats préliminaires provenant de la Péninsule arabique indiquent qu'il se pourrait que les reptiles soient moins préoccupants en matière de conservation dans cette région que d'autres groupes d'espèces comparables; car un peu moins de 10 espèces sur les 172 trouvées dans la région sont menacées d'extinction.

Certains reptiles des zones arides semblent relativement en sécurité, des menaces demeurent cependant.

La perte de l'habitat, la surexploitation et le changement climatique sont parmi les principales causes du déclin de leur population. Un suivi continu des populations de reptiles s'avère nécessaire pour garantir que tout changement dans la situation des espèces soit identifié suffisamment tôt afin de prendre les mesures idoines.



Figure 16 : Le varan du désert *varanus griseus*