

# LES ECOSYSTEMES MEDITERRANEENS

## CHAPITRE I : LE PAYSAGE

### 1.1°) Ecologie du paysage :

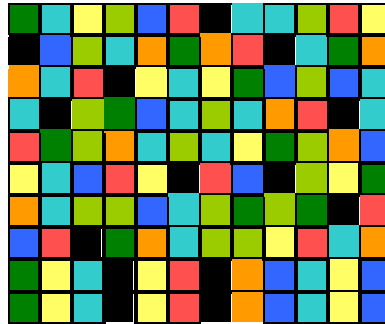
L'organisation des différents éléments d'un paysage conditionne la distribution spatiale des populations. Combinant approche spatiale et approche fonctionnelle, **l'écologie du paysage étudie les interactions entre l'organisation spatiale** (hétérogénéité des éléments de base d'un paysage, formes, distribution, distances entre les éléments...) **et les processus écologiques.**

C'est un « *niveau d'organisation des systèmes écologiques* » supérieur à l'écosystème, et donc d'un niveau de complexité supérieur, à l'échelle d'une entité géographique cohérente.

Trois points expliquent la « genèse » de l'écologie du paysage :

- L'homme est partie prenante des systèmes écologiques.
- Le paysage est un objet complexe nécessitant une approche pluridisciplinaire.
- Le paysage est un niveau pertinent pour dialoguer avec les aménageurs.

Un paysage est une portion de territoire hétérogène, composée d'ensembles d'écosystèmes en interaction dont l'agencement se répète de manière similaire dans l'espace».



Système « Ensemble de parties (éléments) interconnectées par des relations fonctionnelles de telles façon que 03 catégories de propriétés en résultent.

- 1ere propriété : les éléments dépendent les uns des autres dans le fonctionnement et leur évolution.
- 2eme propriété : propriétés globale émergentes.
- 3eme propriété : l'ensemble agit les parties.

Le paysage : caractérisé essentiellement par son hétérogénéité et par sa dynamique, gouvernée pour partie par les activités humaines.



1.2°) Description et quantification du paysage :

1.2.1°) Matrice paysagère :

En écologie du paysage, la matrice paysagère désigne généralement l'**élément dominant d'un paysage** donné, à une échelle donnée. La matrice peut être à dominante naturelle dans des paysages peu artificialisés. Dans les régions fortement anthropisées, la matrice est souvent constituée de milieux artificialisés ou de milieux agricoles, plus ou moins intensifs.

La matrice est un concept théorique, utilisé notamment pour la cartographie et la description des éléments naturels du paysage et l'étude de leurs interrelations : surface, forme, distribution et organisation spatiales. La matrice est une construction de l'esprit pour appréhender la complexité des interrelations entre habitats ou écosystèmes à l'échelle d'un paysage.

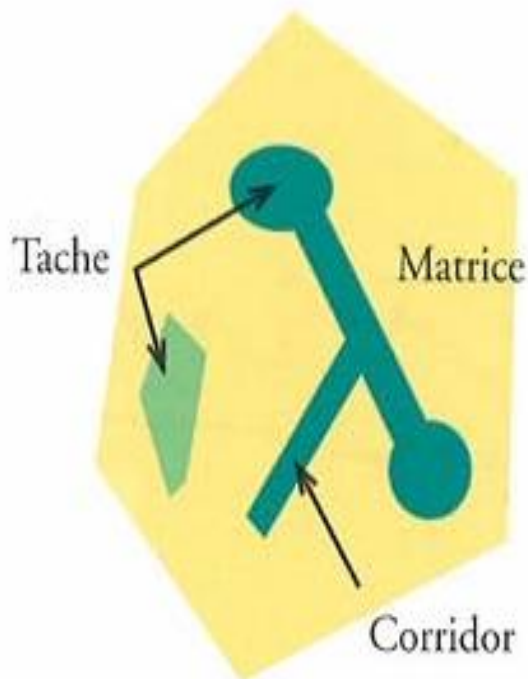
Dans une matrice on peut distinguer :

**Taches d'habitat ou unités paysagères (patch) :** Eléments du paysage apparaissant ponctuellement et isolément dans un espace.

**Corridors :** Eléments linéaires ou de forme allongée reliant des taches de même habitat.

**Matrice :** Espace caractérisé par une apparente uniformité de l'occupation du sol.

Le paysage apparaît comme un océan (matrice) duquel émergent les îles et îlots d'habitat (taches) reliées aux autres par des ponts (corridors)



## Les éléments de base d'une structure paysagère

Source : SETRA 2005

Dans le champ de l'écologie du paysage, le mot corridor désigne, de façon générale, toute structure paysagère assurant une liaison fonctionnelle entre des écosystèmes ou entre différents habitats d'une espèce ou d'un groupe d'espèces interdépendantes, permettant leurs déplacements, leurs migrations et leur dispersion. Les corridors permettent les flux de populations et de gènes qui sont vitaux pour la survie des espèces et leur évolution adaptative. Ils sont donc essentiels pour le maintien de la biodiversité et la survie à long terme de la plupart des espèces.

On distingue : (Fonctions)

- Le corridor biologique, spécifique à une espèce donnée, y compris du point de vue des échanges génétiques.
- Le corridor écologique, structure spatiale multifonctionnelle, qui peut rassembler divers corridors biologiques.
- Le réseau écologique, ensemble fonctionnel des corridors, aux échelles paysagères et supra-paysagères (ex : ensemble de vallées et cols guidant la migration des oiseaux au travers de continents). L'ensemble (complexe) de ces corridors constitue la trame d'un maillage écologique, qui se décline du local au planétaire.

Les animaux doivent se déplacer, les plantes se disperser et les gènes se brasser pour assurer la croissance et la survie des individus en fonction de la disponibilité en nourriture, l'accomplissement de leur cycle biologique qui se déroule parfois dans des habitats différents, la perpétuation des espèces et l'adaptation continue de la vie aux évolutions du milieu. De nombreuses espèces, végétales notamment, se font transporter par d'autres à l'état de graine ou de propagule.

Vitaux pour la survie, le développement et l'évolution des espèces, les déplacements et les échanges nécessitent des conditions propres à chaque espèce ou groupe d'espèces. Ces dernières ayant des exigences différentes, un corridor fonctionnel pour une espèce A peut être une barrière pour une autre espèce B (ex : fleuve).

Il est possible que, dans un contexte de modifications climatiques, la disponibilité en corridors soit encore plus cruciale pour la survie de nombreuses espèces. A contrario, la présence de corridors peut aussi

favoriser la dispersion d'espèces indésirables envahissantes ou de maladies.

Le corridor biologique est souvent lui-même un milieu vivant, habité par des espèces et défini par des caractéristiques géomorphologiques et physiques. Il peut aussi être « immatériel » (odeur de l'eau guidant le saumon dans la mer vers la source de sa rivière natale). Dans tous les cas, ce sont bien les fonctionnalités qu'il assure pour les espèces qui justifient son appellation.

**Les corridors biologiques** remplissent **diverses fonctions** vis-à-vis des espèces qui les utilisent :

- **Déplacement** : déplacements quotidiens entre zones de gagnage, de repos, déplacements saisonniers nécessaires à l'accomplissement du cycle biologique, migrations.
- **Dispersion** : dissémination des espèces animales, végétales et micro-organismes.
- **Habitat** : Le corridor peut être un habitat où certaines espèces effectuent l'ensemble de leurs cycles biologiques, ou un refuge temporaire.
- **Filtre** : Ce qui est favorable à une espèce ne le sera pas forcément pour d'autres. Un corridor peut conduire une espèce et en bloquer une autre.
- **Source** : Le corridor peut lui-même constituer un réservoir d'individus colonisateurs...
- **Puits** : ...ou à l'inverse, constituer pour certaines espèces un des espaces colonisé par une (des) population(s) source(s) à la périphérie des espaces sources ou de la matrice paysagère.

### **Morphologie**

En ce qui concerne leur forme, les corridors peuvent se présenter sous forme de :

- structures linéaires
- structures gué (successions d'îlots, de microstructures relais suffisamment proches pour constituer un ensemble fonctionnel)
- espaces étroits, liés à la présence d'une structure de guidage majeur (haies, bords de ruisseaux, lisières forestières, etc.)
- voire espaces de la matrice libres d'obstacles offrant des possibilités d'échanges entre les zones nodales et/ou les zones de développement

On peut souligner le rôle particulier des barrières montagneuses, qui concentrent certains flux migratoires le long des vallées et vers les cols.

### **Caractéristiques spécifiques de certains corridors**

Au-delà de ses caractéristiques morphologiques, un corridor est surtout défini par un ensemble de «conditions favorables» à la vie et à la circulation des espèces, et donc au maintien de la biodiversité. Certains facteurs longtemps considérés comme secondaires, ont néanmoins une grande importance :

#### **Corridor thermo-hygrométrique**

Les mesures conjointes de température et d'humidité montrent que l'effet de tranchée (créé par exemple par une route traversant une forêt ou une prairie) ou de simples effets de lisières (ex : en bordure d'une coupe à blanc) peuvent se traduire par des chutes importantes et durable de l'hygrométrie et une forte augmentation des écarts de température (ainsi que de luminosité et de vent), avec des impacts qui ont longtemps été très sous-estimés. Or, Les corridors thermo-hygrométriques, invisibles à nos yeux sont d'une importance primordiale pour nombre d'espèces très sensibles à ces paramètres.

#### **Corridor « de noir » (c'est-à-dire exempt de pollution lumineuse)**

Depuis 3,7 milliards d'années, l'activité biologique de la flore et de la faune est régulée par une horloge interne hormonale calée sur l'alternance du jour et de la nuit (rythme nyctéméral). Éclairer certaines espèces à des moments où elles ne le sont pas normalement entraîne de profondes modifications de leur comportement (ex : les volailles pondent en plein hiver). Une grande partie des espèces vivant ou se déplaçant de nuit sont lucifuges (fuient la lumière), notamment chez les invertébrés. Pour d'autre les lampes sont au contraire une source fatale d'attraction. On

peut parler pour ces espèces de besoin d'intégrité de l'environnement nocturne. Dans les deux cas la lumière est un facteur (immatériel) de fragmentation de leur habitat. Ces espèces ont besoin de corridors écologiques plongés dans l'obscurité la nuit. De plus, à cause de leurs yeux plus sensibles, les espèces nocturnes sont souvent très sensibles à l'éblouissement.

### **Corridor d'air propre**

La qualité de l'air, vis à vis des pesticides notamment, est un facteur déterminant voire majeur pour de nombreuses espèces (invertébrés notamment). Il faut donc favoriser des couloirs d'air propre sur les corridors biologiques. C'est un des rôles dévolus aux zones tampon, mais dans les cas des pesticides et des nitrates, ou de l'ozone une pollution de fond circule sur de vastes superficies, qu'il convient de réduire à la source, tant que faire se peut.

### **Corridor de calme**

Si quelques espèces commensales de l'homme sont peu sensibles au dérangement, notamment au bruit ou à la présence humaine, ce n'est pas toujours le cas, en particulier pour les animaux chassés depuis longtemps.

#### 1.2.2°) Continuum :

Ensemble constitué d'éléments offrant une continuité fonctionnelle, disposés de telle façon qu'une espèce (ou un groupe d'espèces ayant les mêmes exigences) peut passer de l'un à l'autre sans rencontrer d'obstacle.

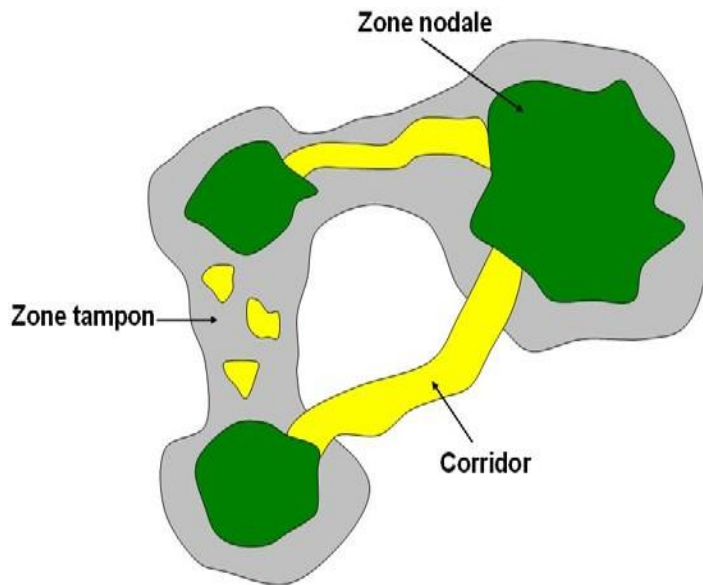
Plusieurs types de continuums correspondent aux grands types d'habitats :

- **continuum forestier** : forêt, bois, zones arborées ou buissonnantes et leurs lisières-écotones le cas échéant
- **continuum agricole extensif** : bocages, pâturages, prairies (voire zones d'agriculture biologique convenant à certaines espèces)
- **continuum prairial** : prairies, bocages, cultures isolées, vergers
- **continuum paludéen (zones humides)** : prés de fauches et prairies inondables, cultures en zones alluviales, mangroves..
- **continuum hygrophile ou aquatique** : réseau des cours d'eau et de leurs annexes fonctionnelles (bras morts, ripisylves), mares et plans d'eau (parfois qualifié de trame bleue)
- **continuum littoral** (estuaires, deltas, vasières, dunes...)

Certains éléments du paysage appartiennent à plusieurs continuums : c'est le cas des ripisylves qui relèvent à la fois du continuum hygrophile et du continuum forestier. Le bocage, notamment arboré, complète et étend considérablement le continuum forestier pour nombre d'espèces.

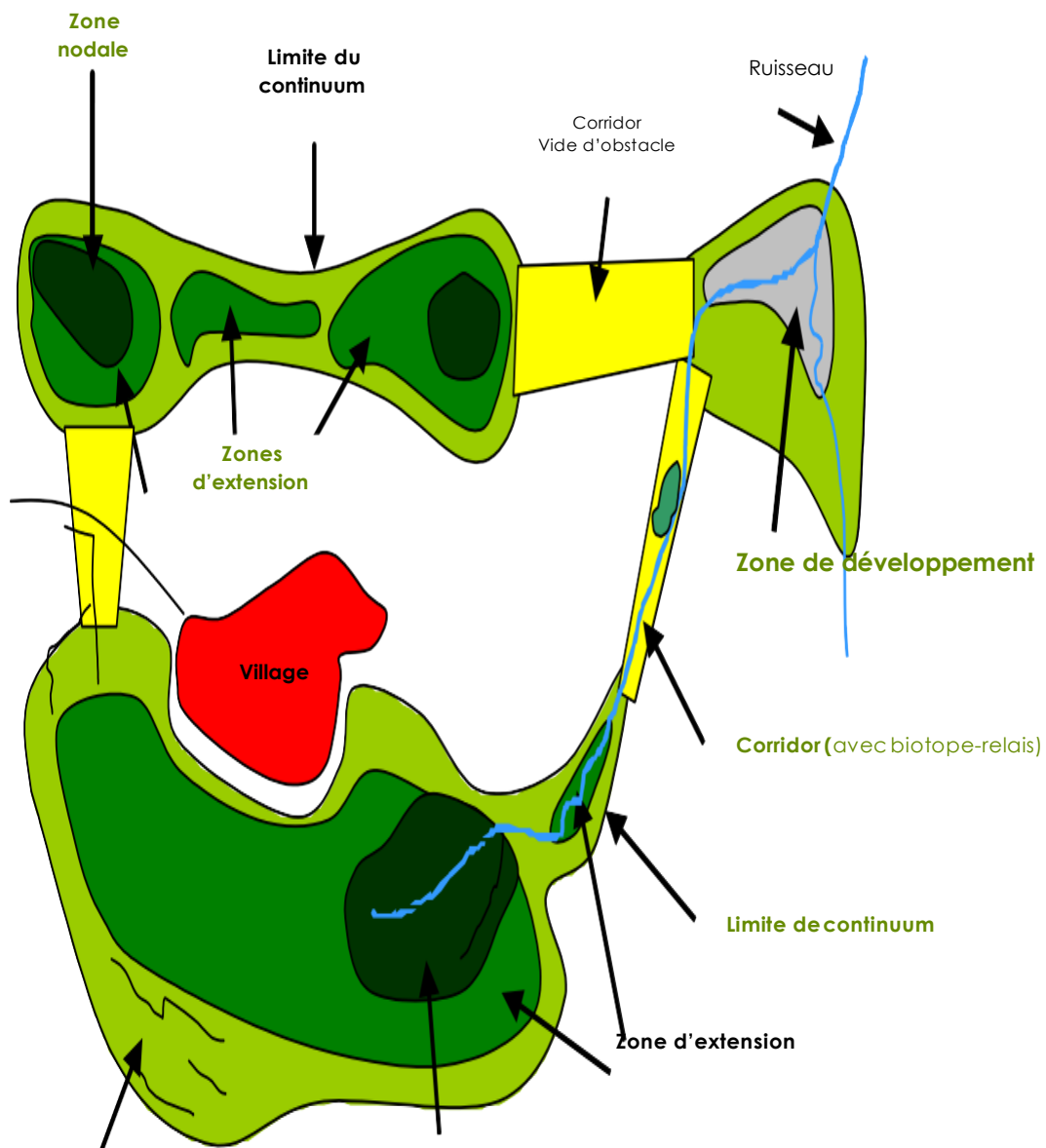
#### 1.2.3°) Réseau écologique :

Un réseau écologique est un assemblage cohérent d'éléments naturels et semi-naturels du paysage qu'il est nécessaire de conserver ou de gérer afin d'assurer un état de conservation favorable des écosystèmes, des habitats, des espèces et des paysages.



## RESEAU ECOLOGIQUE

- **zones nodales**, correspondant à des espaces naturels de haute valeur du point de vue de la biodiversité, dans lesquelles se trouvent des espèces et/ou des écosystèmes particuliers. Ces zones nodales doivent assurer le rôle de **réservoir** pour la conservation des populations et pour la dispersion des espèces vers les autres espaces vitaux potentiels.
- **zones tampons** visant à protéger une zone nodale des effets d'une gestion perturbatrice des zones périphérique.
- **zones de restauration** dans les paysages fragmentés ou dégradés permettant d'améliorer les potentialités de conservation des zones nodales ou de favoriser les liaisons entre les espaces vitaux.
- **Noyau** : site d'intérêt écologique national ou supranational.



## SCHEMA D'UN RESEAU ECOLOGIQUE

**Zones nodales** (zone noyau, zone source, zone réservoir) correspondant à des milieux favorables à un groupe écologique végétal et animal et constituant des espaces vitaux suffisants pour l'accomplissement de toutes les phases de développement d'une population.

**Zones d'extension** similaires aux zones nodales mais de qualité ou de surface insuffisantes pour l'accomplissement de toutes les phases de développement d'une population. Les zones d'extension sont incluses dans le même continuum que les zones nodales ;

**Zones de développement** correspondant à l'ensemble des milieux favorables à un ou plusieurs groupes écologiques végétaux et animaux, elles constituent des espaces vitaux partiellement suffisants pour l'accomplissement des phases de développement d'une population mais dans lesquelles des zones nodales ne sont pas identifiées. Elles sont situées hors d'un continuum fonctionnel car peu accessibles par l'éloignement ou par la présence d'obstacles difficilement franchissables. Elles peuvent être incluses dans un corridor de connexion et jouer le rôle important de biotope-refuge ou de structure-guide dans les corridors.



#### 1.2.4°) Connectivité écologique :

La connectivité exprime globalement la capacité d'un paysage à assurer la satisfaction des besoins de déplacements des espèces entre les différents éléments qui le composent, par l'existence d'un maillage paysager diversifié. La connectivité diminue quand la fragmentation (multiplication des barrières, des obstacles aux déplacements et à la dispersion) augmente.

Une connectivité élevée et un maillage complexe comptent pour beaucoup dans la capacité de résilience des habitats dégradés par recolonisation à partir des zones sources ou zones nodales.

#### 1.3°) Fragmentation :

Appliquée aux milieux naturels, la fragmentation désigne tout phénomène artificiel de morcellement de l'espace, susceptible d'empêcher une ou plusieurs espèces vivantes de se déplacer ou de se disperser comme elles le pourraient en l'absence de facteur de fragmentation.

La fragmentation d'un habitat naturel est une forme de destruction qui se double d'une déstructuration spatiale qui (sauf pour quelques espèces ubiquistes et banales) affecte à la fois la taille des populations et leurs possibilités d'échanges, augmentant les risques d'extinction ou de dégénérescence. La fragmentation des habitats s'oppose à la satisfaction des besoins vitaux de la faune et la flore en termes de déplacements, quotidiens ou saisonniers, et de dispersion dans le paysage.

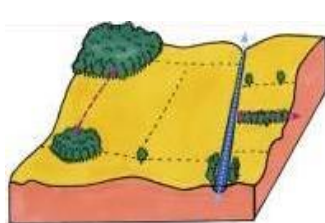
La fragmentation modifie la taille, les formes et l'isolement des habitats naturels, générant un impact sur les fonctions écologiques des éléments ainsi isolés et sur les populations qui leurs sont inféodées.

La fragmentation :

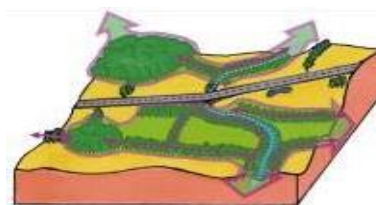
- Induit le remplacement d'éléments éco-paysagers par d'autres.
- Modifie le contexte spatial, notamment en altérant la connectivité écologique et donc le degré d'intégrité éco-paysagère.
- Est un puissant facteur d'isolement écologique de milieux naturels (ou semi-naturels) au sein d'une «matrice» plus «hostile» (car aux conditions environnementales altérées par les activités humaines ou leurs conséquences secondaires),
- Par l'insularisation qu'elle provoque, en diminuant les taux de dispersion et d'immigration qui augmente les risques d'extinction.
- Modifie les effets-bordure (écotone/effet lisière), plus ou moins en fonction des caractéristiques de la matrice environnante.
- 



Consommation d'espace



Banalisation de l'espace



Fragmentation de l'espace



Le schéma ci-après caractérise le processus de fragmentation et ses conséquences :

1- Discontinuités du paysage ou des réseaux écologiques existants : obstacles naturels (rivières, falaises, etc.) ou artificiels (routes, canaux, urbanisation, etc.).

2- Processus dynamique de réduction de la superficie d'un habitat et sa séparation en plusieurs fragments.

3- • Destruction et perte d'habitat Isolement des populations => Diminution de la variabilité génétique => Disparition de populations et à terme d'espèces.

Les individus, les espèces et les populations sont différemment affectés par la fragmentation de leur habitat, selon leurs capacités adaptatives, leur degré de spécialisation ou de dépendance à certaines structures éco-paysagères, leur capacité à voler et franchir les obstacles facteurs de fragmentation (parois, falaises, grillages, routes, zones traitées par des pesticides, etc.), la biologie de leurs populations...

Les données de terrain, comme les analyses diachroniques par exploitation d'images satellitaires, de photographies aériennes ou de cartes anciennes, permettent de quantifier les phénomènes d'artificialisation et de fragmentation par l'urbanisation et les infrastructures linéaires de transport (routes, autoroutes, voies ferrées, canaux, lignes électriques). Les barrages hydroélectriques et certains seuils jouent également un rôle de barrière en segmentant les réseaux fluviaux. D'autres barrières écologiques non-physiques, moins visibles (pollutions par les pesticides, eutrophisation), sont aussi des facteurs majeurs de fragmentation, touchant de vastes espaces.

Les individus, mais aussi les populations, sont confrontés à un nombre croissant de verrous écologiques (barrières physiques ou immatérielles) ou goulots d'étranglement, qui - en fragmentant anormalement les espaces naturels et les écosystèmes - limitent ou interdisent la circulation des individus et le brassage des gènes entre populations au sein de l'aire normale de distribution des espèces, au point de provoquer leur régression et de les menacer à moyen ou long terme.

Même certains animaux volants sont affectés. On a longtemps cru que les oiseaux et chauve-souris échappaient aux impacts de la fragmentation par les routes forestières. Ce n'est pas le cas. En effet, outre certaines espèces directement concernées par les collisions (roadkill), on observe aujourd'hui sur certaines populations d'oiseaux une zone dite d'éloignement, allant jusqu'à plusieurs centaines de mètres, sans pouvoir toujours en identifier la cause avec certitude (bruit, vibrations, lumière).

1.3.1°) Méthodes d'évaluation de fragmentation :

Deux grands types d'approches peuvent être mobilisées pour appréhender la fragmentation des milieux séparément ou combinées.

- Approche spatiale et fonctionnelle : Définition des types d'habitat, identification des zones nodales, des continuums, corridors, des obstacles, des conflits, relations entre les Sp, compartiment et distance de dispersion, type d'habitats occupés.

Cette approche fait appel à des analyses par photo-interprétation et à des enquêtes terrain sur les conflits. Il s'agit d'une approche appliquée au terrain, complétée de données historiques.

- Approche spatiale et statistique : Caractéristiques du paysage issues des recherches dans le domaine de l'écologie du paysage ( la taille des unités, isolement, complexité des espaces à mettre en forme.), modélisation. Cette approche fait appel aux réflexions et recherches dans le domaine de l'écologie du paysage, qui ont fait l'objet de modélisation au travers de logiciels et visualisation des différents indices statistiques.

1.4°) Identification des éléments des réseaux écologiques :

1.4.1°) Les zones nodales : (zone source = zone réservoir) :

Faire des inventaires et/ou observation de terrain (étude et inventaire) en s'appuyant aussi sur des inventaires régionaux / nationaux.

Il est important de faire préciser à la fois leur délimitation, leur fonctionnement et leur contenu en termes écologiques.

1.4.2°) Les zones d'extension : Les zones d'extension sont déterminées à partir des milieux transformés dont la transformation est réversible (ex. : ruisseau canalisé, forêt plantée de résineux en plaine) ou à partir de milieux partiellement transformés, contigus ou suffisamment proches d'une zone nodale pour être constamment colonisés par les espèces caractéristiques de la zone nodale.

Ces zones peuvent éventuellement être identifiées dans les inventaires nationaux par extrapolation des zones nodales ou en référence à leur proximité. Là encore des inventaires de terrain mis en œuvre lors des évaluations environnementales permettent de préciser le niveau d'atteinte des milieux et leur possibilité de résilience (retour à l'identique avant perturbation ou destruction).

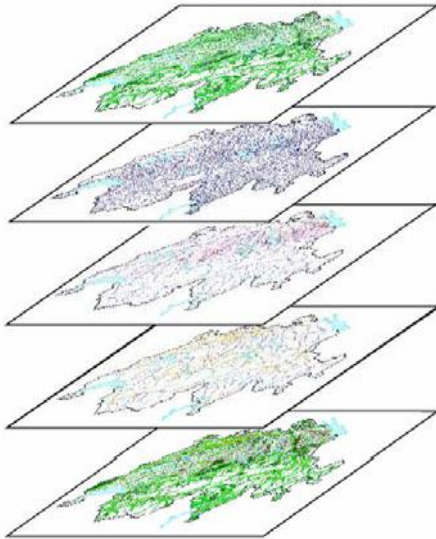
1.4.3°) Les zones de développement : De même que pour les zones d'extension, les zones de développement peuvent être identifiées à partir des différents inventaires existants. Néanmoins, une expertise est nécessaire pour distinguer les zones dites « nodales » des zones de « développement ».

1.4.4°) Les corridors : Observations directes ou indirectes confirmant l'existence de déplacements de la faune par la présence de « biotopes- refuges » ou de « structures guides ».

1.4.5°) Les continuums : Espèces emblématiques de la faune liées aux groupes écologiques des milieux plus Catégories d'occupation du sol. La caractérisation de ces continuums est liée expressément aux secteurs géographiques dans lesquels ils se trouvent.

**Exemple :** Continuum aquatiques et des zones humides

- milieux : cours et voies d'eau, plages de sable et graviers, marais intérieur
- espèces emblématiques : batraciens, odonates, reptiles aquatiques



Réseau écologique global = superposition des continuums

### 1.5°) Importance de l'écologie du paysage :

Elle pourrait prendre de l'importance, car elle peut aider de même à comprendre, atténuer et compenser les impacts de la fragmentation des écosystèmes par des infrastructures et actions humaines. Elle ouvre aussi de nouvelles perspectives concernant les modifications climatiques. Il devient nécessaire d'adopter l'utilisation et la structure des paysages à l'évolution des conditions climatiques (cycle de l'eau, corridors climatiques en particulier) en restaurant et entretenant les couloirs de migration nécessaires à l'adaptation et à la circulation des espèces et des gènes mais aussi en produisant des paysages plus résistants et plus résilients aux impacts des dynamiques de changement climatique.

**DONC : Pour aider à mieux gérer les services éco systémiques.**

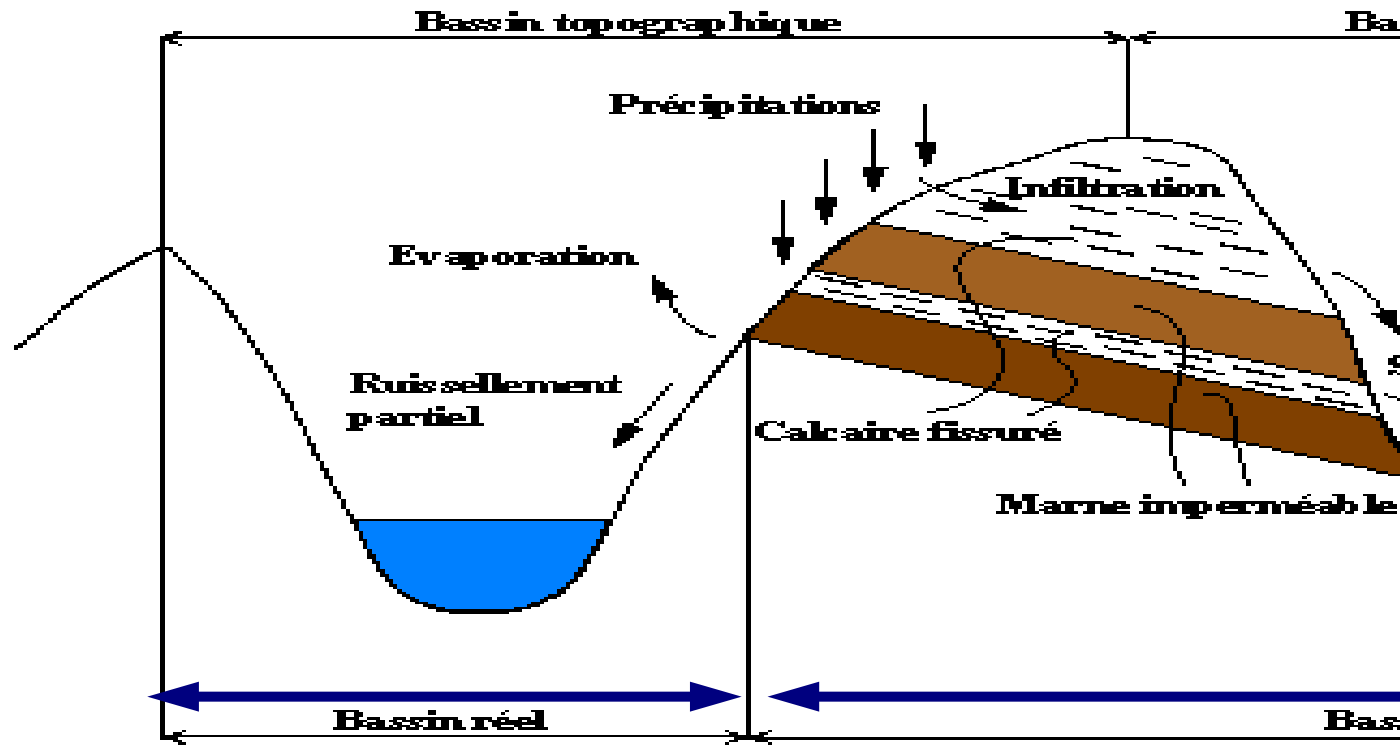
## CHAPITRE II LE BASSIN VERSANT

### 1.1°) Définition du bassin versant ( BV) :

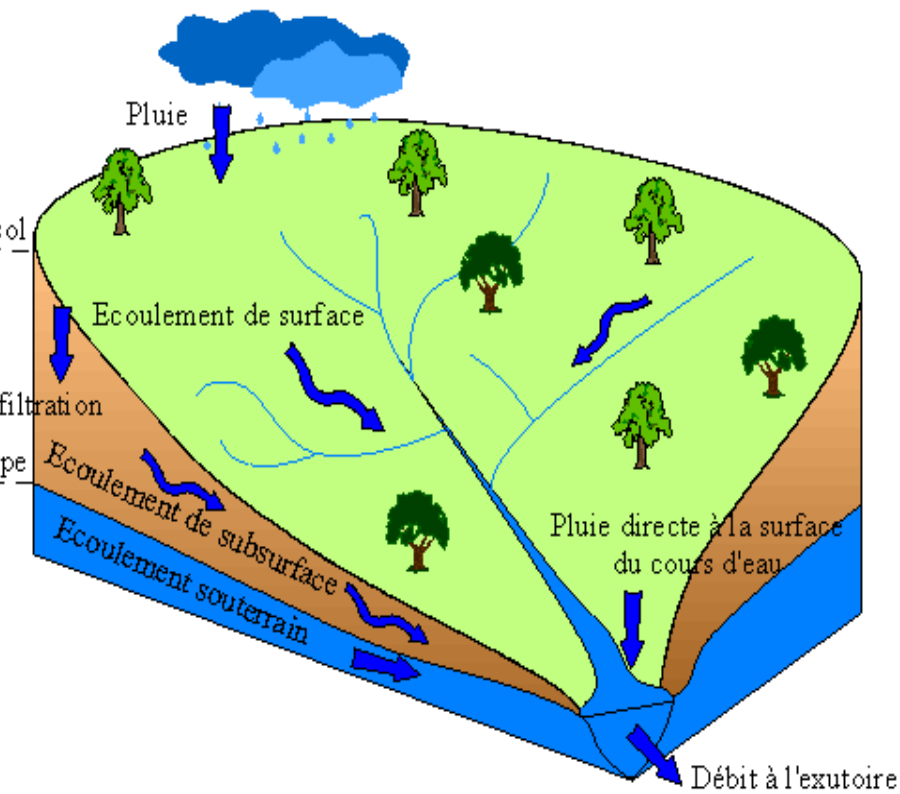
Le BV correspond à l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets.

Le BV est une surface élémentaire en théorie hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitation s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exécutoire. On définit le BV topographique limité par une ligne de partage des eaux, celui-ci peut différer du BV réel à cause des circulations souterraines ou à cause d'effets anthropiques.

La différence entre bassin versant topographique et bassin versant réel est :



**BASSIN VERSANT**



Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines. Le bassin versant est alors différent du bassin versant topographique. Il est appelé dans ce cas bassin versant réel.

Exemple :

- le BV réel est supérieur au BV topographique : le cours d'eau est alimenté par des circulations souterraines en provenance des bassins voisins.
- Le BV réel est inférieur au BV topographique : les eaux de surface aboutissent à des gouffres ou des lacs qui ne sont pas reliés au réseau hydrographique du cours d'eau principal.

1.2°) Comportement hydrologique :

L'analyse du comportement hydrologique du BV s'effectue le plus souvent par le biais de l'étude de la réaction hydrologique du bassin face à une sollicitation des précipitations. Cette réaction est mesurée à l'exécutoire du système hydrologique par l'observation d'un hydrogramme qui n'est autre que la représentation du débit  $Q$  en fonction du temps  $t$ .

La réaction hydrologique est caractérisée par sa vitesse (temps de montée  $t_m$ ) et son intensité ( $V_{max}$ ).

La vitesse de réaction et son intensité sont fonction du type et de l'intensité de la pluviométrie qui le sollicite et aussi du temps de concentration des eaux sur le bassin.

Le temps de concentration ( $t_c$ ) des eaux sur un BV se définit comme le max de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exécutoire. Il dépend des caractéristiques du BV. Il est composé de 03 temps :  $T_h$  (temps d'humectation) ;  $t_r$  (temps de ruissellement ou d'écoulement) ;  $t_a$  (temps d'acheminement).

Caractéristiques physiques et leurs influences sur l'écoulement des eaux :

Le BV est un objet complexe dont l'ensemble des caractéristiques (géométriques, géologiques...) joueront un rôle non seulement dans la réponse hydrologique du bassin à une sollicitation des précipitations (régime des écoulements) mais aussi en amont (altitude, exposition), directement dès le processus de formation de pluie.

Il faut noter l'existence à la surface du BV d'un système longitudinal, le réseau de drainage ou réseau hydrographique défini comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaire, qui participent à l'écoulement. Ce réseau est plus ou moins développé selon différents facteurs (géologie, climat, pente...).

- Caractéristiques géométriques : surface, morphologie, topographie.
- Caractéristiques du réseau hydrographique : topologie des cours d'eau, longueur de la pente, degré de développement du réseau (densité du drainage)...
- Caractéristiques agro-pedo-géologique : couverture du sol, nature du sol, géologie du substratum (perméabilité)

L'étude des BV illustre le rôle majeur joué par l'eau dans le fonctionnement des écosystèmes. Elle révèle en effet l'importance de l'eau dans le processus de production et de décomposition (Temps de résilience et Taux de renouvellement caractérisant la dynamique des systèmes écologiques) donc le BV est ainsi le siège de déplacement des matières minérales et organiques entraînées vers l'aval sous le contrôle du couvert végétal du bassin lui-même.

Temps de résilience= temps moyen passé par unité de matière (atome, molécule, particule) dans un écosystème.

Temps de renouvellement= la proportion de matière de l'écosystème de l'écosystème reconstituée dans une unité de temps.

## CHAPITRE III LES ECOSYSTEMES MEDITERRANEENS

### 3.1° Les écosystèmes méditerranéens(EM) :

Très variés et assez complexes, ils correspondent à des zones tempérées chaudes marquées par une période plus ou moins longue de sécheresse estivale (4 mois), des pluviométries souvent brutales et irrégulières. Le maximum d'extension du biome méditerranéen se situe à l'emplacement de la mer méditerranée c'est-à-dire du Maroc jusqu'aux flancs du Caucase et aussi en Australie méridionale, Californie, Argentine et Afrique du sud.

L'ensemble des EM définis sur la base des grandes zonations climatiques de la biosphère formant un des grands biomes.

#### 3.1° Le bassin méditerranéen :

##### 3.1.1° Situation géographique, climatique et édaphique :

Le Bassin méditerranéen s'étend d'Ouest en Est du Portugal à la Jordanie, et du nord au sud de l'Italie au Maroc et s'étale sur plus de 2 millions de kilomètre carrés (2 085 292 km<sup>2</sup>). Il inclut des pays comme, l'Espagne, la France, les pays des Balkans, la Grèce, la Turquie, la Syrie, le Liban, Palestine, l'Egypte, la Libye, la Tunisie et l'Algérie. Il comporte également près de 5000 îles disséminées dans la mer Méditerranée (Açores, Macaronaisie, Madère, Cap vert,...).

La position du bassin Méditerranéen, à l'intersection de deux grandes surfaces : l'Afrique et l'Eurasie, a contribué à sa grande diversité paysagère, la variation altitudinale est énorme, le massif de l'atlas atteint plus de 4000 mètres tandis que la mer morte descend à 420 mètres au dessous de la mer au point le plus bas du monde. Les deux plus hauts sommets se trouvent dans le haut atlas (4165 m) au Maroc et dans les monts de Taurus (3756 m) en Turquie.

Le nom de la mer est dérivé du mot Méditerranéum qui signifié au milieu des terres. La mer s'ouvre sur les mers et océans par l'étroit détroit de Gibraltar (14Km de long et 320m de profondeur) sur l'océan atlantique et par le détroit des Dardanelles (plus étroit et 70m de profondeur) sur la mer noire et canal artificiel de Suez sur la mer rouge. Le canal de Sicile la

mer Méditerranée en 2 bassins distincts : la mer occidentale (influencée par atlantique) et la mer orientale.

Le climat de la région méditerranéenne est marqué par des hivers froids et des étés chauds et secs, la pluviométrie varie de 100mm à plus de 3000mm par an (variable et irrégulière).

Le climat, en région méditerranéenne est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes. Ainsi, un des objets essentiels de l'écologie méditerranéenne a été de rechercher la meilleure relation entre les différentes formations végétales et le climat vu sous l'angle biologique : le bioclimat.

La caractéristique principale des climats méditerranéens, outre la clémence générale des températures, tient en la présence d'une saison sèche estivale plus ou moins marquée associée à une variabilité et une irrégularité des précipitations.

Le trait le plus caractéristique des sols méditerranéens est la fersiallisation qui correspond, en relation avec la décarbonatation, à un ensemble de processus d'altération et de migration de composés du fer dans le sol d'où la coloration rouge caractéristique « sols rouges méditerranéens ». Ce type de sol connaît en fait son extension maximale dans les milieux où l'humidité est suffisamment grande pour favoriser l'altération. On peut reconnaître ainsi une relation entre les sols et le climat, en particulier la pluviosité, d'une part et entre les sols et la végétation d'autre part. Cependant, si ces relations sont relativement claires à une échelle générale, elles deviennent assez complexes à une échelle plus locale, pour les raisons suivantes :

1. L'évolution des sols varie, pour une large part, en fonction de la nature de la roche mère. Bien que présentant des propriétés très diversifiées entraînant des comportements édaphiques variables, les carbonates relativement abondants dans les sols, constituent en général un facteur de blocage de l'évolution de ces sols ;
2. Certains paléosols développés à la faveur d'importantes fluctuations du climat durant le quaternaire, se sont maintenus sans aucun lien avec les conditions actuelles; c'est en particulier le cas des sols à croûte calcaire des milieux arides ; inversement, les phénomènes relativement fréquents d'érosion, conduisent à un rajeunissement des sols dans les horizons de surface en particulier ;
3. enfin, la fragmentation des milieux fait que dans certains cas, les caractéristiques locales de topographie et de lithologie créent des conditions « azonales » d'humidité ou de salure indépendantes du climat général.

### 3.1.2°) Biodiversité de la région méditerranéenne :

L'exceptionnelle richesse biologique des EM a été soulignée depuis une quinzaine d'années, grâce à la démarche mondiale basée sur le concept de point chaud de biodiversité (Hot spot), environ 10% des végétaux supérieurs du globe se rencontrent en région méditerranéenne, sur une surface seulement égale à 1.6% de la superficie terrestre. Estimée à 25000 Sp ou 30000 Sp et sous Sp, cette richesse floristique se concentre en 02 principaux pôles, l'un occidental qui comprend la péninsule Ibérique et le Maroc et l'autre oriental avec la Turquie et la Grèce. Les îles et les montagnes déterminent des secteurs biogéographiques originaux où le taux d'endémisme dépasse souvent 20%.

Sur la base de la richesse et de l'endémisme végétal, il a été possible de définir dix points chauds régionaux, abritant environ 5500 sp endémiques ( 44% de l'ensemble) sur 22% des terres , soit environ 515000Km<sup>2</sup> .

### 3.2°) Diversité et types de formations :



La grande diversité des milieux méditerranéens terrestres est le résultat d'un ensemble de facteurs que l'on peut résumer comme suit :

Les grandes variations paléo climatiques ont donné lieu à des successions de formations végétales et de sols ;

1. Les écosystèmes méditerranéens, situés entre des zones tempérées et désertiques, présentent toute une gamme de situations marquées par la transition et l'influence de ces milieux.
2. L'hétérogénéité géo morphique due à une topographie accidentée contribue à la fragmentation du milieu aux plans édaphique et microclimatique.
3. La flore et la faune de différentes origines biogéographiques, survivants de formations soit tempérées soit tropicales qui y ont existé avant même l'apparition du climat méditerranéen. Ces espèces se sont adaptées aux nouvelles conditions estivales essentiellement xériques ou bien ont réajusté leur profil écologique dans le large spectre d'opportunités offertes par l'hétérogénéité spatiale et temporelle de ces zones.
4. L'occupation par l'homme forte et ancienne, dont l'action, à travers les activités diverses mais surtout agricoles et d'élevage, a profondément modifié le milieu.

### 3.2.1°) Les types de formations végétales :

On entend par « formation végétale » le type de végétation caractérisé principalement par sa structure physionomique (structure verticale ou stratification verticale et structure horizontale : répartition des végétaux à la surface du sol.)

En raison de la forte pénétration humaine et des différents usages, très peu de systèmes peuvent être considérés à un stade proche du « climax ». La plupart des écosystèmes d'un même ensemble paysager, se trouvent à différents stades dynamiques formant des mosaïques de stades successionnels et montrent donc des structures et des fonctions très diverses. Certains sont issus de la dégradation de systèmes plus anciens et plus complexes, d'autres plus jeunes se trouvent à des stades pionniers ou encore à des stades issus d'actions de restauration ou de réhabilitation par l'homme.

L'hétérogénéité spatiale et la variabilité temporelle a généré une mosaïque d'écosystèmes différents pouvant exister dans une surface limitée. De plus, au sein de la flore d'une même communauté, peuvent coexister des taxons d'origine différente. Ainsi, plusieurs espèces, en particulier herbacées annuelles ou vivaces, trouvent leur plus grande diversité dans ces régions, malgré les contraintes climatiques. Cette hétérogénéité existe dans les cinq régions méditerranéennes qui pourtant, ont évolué indépendamment les unes des autres avec des composantes biotiques d'origine phyllogénétique différente.

Sur la base d'un critère physionomique, sont définis les principaux types d'écosystèmes méditerranéens qui montrent cependant différents stades intermédiaires.

1. Les forêts (plus de 7m de hauteur) se retrouvent surtout dans les étages humide à semi-aride. Les forêts de chênes à feuilles caduques correspondent aux milieux les plus humides. C'est *Quercus pubescens* (le chêne blanc), *Q. cerris* (chêne chevelu), *Q. frainetto* (chêne de Hongrie), *Q. faginea* (chêne de Portugal), *Q. suber* (chêne liège).

Dans les milieux plus xériques, sont installées des forêts de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) *P. brutia* (Pin de Calabre). Les pinèdes pouvant former des massifs forestiers importants, ont été favorisées par l'homme sous forme de reboisements comme en Algérie.

La forêt typique prend, en région méditerranéenne, le qualificatif de « sclérophylle » en raison de la consistance des feuilles persistantes. La formation à chêne vert (*Quercus ilex*), a été considérée pendant longtemps comme la plus typique de la végétation méditerranéenne.

2. Le matorral, terme d'origine espagnol : les formations de ligneux bas n'excédant pas 7 m de hauteur. Il représente la forme considérée comme la plus typique de la végétation méditerranéenne. Différentes dénominations existent selon par exemple la taille, la nature de la roche mère : garrigues et maquis français, chaparrals californiens, mallés australiens. Le matorral est considéré comme issu de la régression de formations forestières suite à différentes perturbations (les feux répétés et la pauvreté du sol en éléments biogènes qui ont favorisé la formation d'écosystèmes de ligneux bas dont l'évolution est en général bloquée de façon précoce). Parmi les principales espèces dominantes, le chêne kermes (*Q. coccifera*), le lentisque (*Pistachia lentiscus*), l'alaterne (*Rhamnus alaternus*), les cistes (*Cistus* sp.), le romarin (*Rosmarinus officinalis*, *R. tourfortii*). Leur dégradation extrême conduit aux pelouses sèches.

3. La steppe, en région méditerranéenne, 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 (graminée) ou ligneux (sous-arbrisseaux), il est possible de reconnaître différents types de steppes qui peuvent exister en formation pures ou en mélange.

Deux grands types de steppe sont prépondérants :

- a) les steppes dominées par des poacées (=graminées) pérennes dont les principales sont *Stipa tenacissima* (alfa), *Lygeum spartum* (sparte), *Stipagrostis pungens* (drinn)...
- b) les steppes ligneuses formées de sous-arbrisseaux dont les plus typiques sont celles à armoise blanche (*Artemisia herba-alba* = *A. inculta*), à *Noaea mucronata*, *Thymelaea* sp, *Salsola* sp et à *Hammada scoparia* dans les milieux pré sahariens à sahariens.

Les autres types de steppe (Pseudo steppes) sont d'importance secondaire. Ce sont les steppes succulentes à base de glycophytes charnues spontanées ou naturalisées qui se développent dans les milieux à humidité atmosphérique élevée ; les steppes pulvinées formées de xérophytes épineux qui se rencontrent sous climat de hautes montagnes aride à semi-aride très froid ; les steppes crassuléscentes formées d'espèces halophiles qui sont liées à des sols salés.

4. D'autres formations basses comme l'erme (à rythme saisonnier marqué, c'est un stade très avancé de la dégradation du couvert végétal, constitué par des espèces délaissées par le bétail comme l'*Asphodele*, *Peganum harmala*, *Thapsia garganica*..), des Prairies et des Pelouses sont à déterminisme essentiellement anthropique.

Signalons que par rapport à ces grands types, des formations mixtes telles que matorral arboré ou steppe arborée, traduisent les transitions (écotones) d'un type de formation à un autre.

5. Les oasis : zone de végétation, isolée dans un désert, cela se produit à proximité d'une source d'eau ou lorsqu'une nappe phréatique est superficielle ou parfois sur le lit de rivière venant se perdre dans le désert.

6. Le désert : est caractérisé par des conditions extrêmes, température élevée et pluviométrie très faible.

### 3.2.2°) La diversité faunistique :

Le Bassin méditerranéen est reconnu comme un haut lieu de la biodiversité. Près d'un tiers de la faune méditerranéenne est endémique. Les EM forment une mosaïque naturelle et culturelle de paysages qui favorise le développement d'une diversité d'espèces extraordinaire.

(Invertébrés exp : Les vers de terre, les mollusques, Les Crustacés, Les Arachnides, Insectes),  
(les vertébrés exp : poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères).

### 3.3°) Diversité éco systémique « Algérie »

Partie intégrante du sous continent Nord Africain, l'Algérie s'étend sur une superficie de 2 381 741 km<sup>2</sup>, longe d'Est en Ouest la Méditerranée sur 1600 km et s'étire du nord vers le sud sur près de 2 000 km. Cet important espace abrite de grands ensembles géographiques (montagnes, hauts plateaux, plaines fertiles et le désert qui occupe près de 87% de la superficie totale de l'Algérie). Le pays s'étend entre les latitudes 18° et 37° Nord et entre les longitudes 3°Ouest et 12°Est.

La géographie régionale de l'Algérie est délicate à présenter. Les grandes unités naturelles entre lesquelles se partage le pays manquent elles-mêmes d'homogénéité. Le territoire algérien offre du nord au sud, quatre ensembles très contrastés à savoir : le Tell, Les Hauts-Plateaux, et la partie désertique : le Sahara. Toutes fois les ressources naturelles y sont limitées et fragiles, du fait des conditions climatiques et leur distribution inégale à travers le territoire(les étages bioclimatiques).

- L'ensemble Tellien (04% du territoire) : il s'agit de l'espace le plus favorisé par le climat, les ressources marines et les richesses de ses diverses plaines et vallées, côtières mais également le plus convoité et soumis à diverses pressions anthropiques (urbanisation et autres activités..).
- Les hauts plateaux (09% du territoire) : ils occupent l'espace entre l'atlas tellien et l'atlas saharien et sont caractérisés par des hautes plaines et un climat semi-aride (céréaliculture et agro-pastoralisme).
- Le Sahara (87% du territoire) : ensemble totalement aride ou hyperaride.

Les étages bioclimatiques :

Per humide	1200 mm	1800 185 275 ha	0.08 %
Humide	900 – 1200 mm	773 433 ha	0.32 %
Subhumide	800 – 900 mm	3 401 128 ha	1.42 %
Semi-aride	600 – 300 mm	9 814 985 ha	4.12 %
Arde	300 – 100 mm	11 232 270 ha	4.78 %
Saharien	< 100 mm	212 766 944 ha	89.5 %

. Cette grande étendue conjuguée aux caractéristiques géologiques et géographiques ainsi qu'aux facteurs climatiques du pays montrent du Nord au Sud une série d'écosystèmes, abritant une diversité d'habitats et une diversité des espèces, allant des écosystèmes insulaires et marins, avec une frange d'écosystème littoral, passant par les écosystèmes forestiers et montagnards, suivis par les écosystèmes steppiques, puis l'écosystème saharien et y compris l'écosystème humide qui se retrouve au niveau de ces différents écosystèmes.

En effet, on dénombre 6 types d'écosystèmes :

- les écosystèmes marins et côtiers; les écosystèmes des zones humides, les écosystèmes montagneux; les écosystèmes forestiers; les écosystèmes steppiques; les écosystèmes sahariens.

### 3.4°) Diversité fonctionnelle des EM :

Les milieux méditerranéens sont caractérisés par une forte variation saisonnière. Les critères de regroupement des espèces peuvent être fondés sur les stratégies utilisées pour leur survie durant la période défavorable (les types biologiques ou mode de vie), mais ce caractère n'est pas indissociable de l'espèce, exemple : sous climat aride, souvent des hémicryptophytes se comportent en thérophytes (*Launea resedifolia*, *Crepis vesicaria*). Les différents types biologiques renseignent ainsi sur les formes de croissance et la réponse des végétaux aux conditions locales du milieu et de perturbations. Il ressort que les chamaephytes s'adaptent bien à la sécheresse (espèces persistantes) ; les hémicryptophytes et les géophytes augmentent avec la pluviosité et le froid. Comme, on peut distinguer 02 groupes, sous climat aride, qui adoptent 02 stratégies majeures face à la sécheresse :

- Les espèces arido-actives (persistantes ou pérennes) qui maintiennent une activité photosynthétique même très faible en période de forte sécheresse.
- Les espèces arido-passives (éphémères), elles cessent toute activité métabolique.

### 3.5°) Production et productivité des EM :

La production végétale est une fonction essentielle d'un écosystème sur laquelle se construit l'ensemble de la chaîne trophique. Les structures de production dans les écosystèmes sont variables à l'image des types de végétation rencontrés (la biomasse aérienne est de 1000 kg/h (la steppe) ; 300000 kg/ha (forêt) .

On peut distinguer plusieurs fonctions de la diversité végétale :

- Fonctions économiques : production de bois, de liège, plantes médicinales, plantes fourragères, alimentaires, tourisme et loisirs...
- Fonctions écologiques : protection des versants montagneux et valorisation des sols, conservation et refuge de la flore et de la faune, fixation des dunes et leur valorisation, lutte contre la désertification et l'érosion.

### 3.6°) Les menaces pesées sur les EM :

Tout au long du 20<sup>ème</sup> siècle, les ressources naturelles ont subi des mutations profondes, sous l'effet de l'accroissement de la demande en produits agricoles et de la transformation des conditions techno-sociales des productions végétales et animales, urbanisation, industrie. Les principales tendances de cette évolution ont conduit à des situations alarmantes comme :

- Erosion hydrique et éolienne.
- Salinisation : irrigation incontrôlée, dysfonctionnement des réseaux de drainage.
- Manque d'eau : aridité, mauvaise gestion des barrages et autres.
- Dégradation du littoral : extraction de sable, surpêche, activités anarchiques.
- La pollution : des eaux, des sols, d'air.
- Déforestation : incendie, coupes illicites.
- Dessèchement et dégradation des zones humides.
- Surpâturage et surexploitation des ressources naturelles : utilisation irrationnelle.
- Décharges aléatoires ou non contrôlées.

### 3.7°) Conservation et préservation des EM :

- Protection des écosystèmes et des espèces (aire protégée, réserve naturelle...).
- Lutte contre la pollution industrielle et la gestion des déchets (STEP, CET...).
- Lutte contre la désertification et la protection des terres.
- Gestion écologique des agro systèmes et halieu systèmes visant la durabilité de la

biodiversité.

- Vulgarisation et sensibilisation des populations et leur mobilisation pour la protection de l'environnement.
- Consolidation et renforcement du dispositif institutionnel et législatif.

On peut conclure que :

En raison de la forte pénétration humaine et des différents usages, très peu de systèmes peuvent être considérés à un stade proche du climax. La plupart des écosystèmes se trouvent à différents stades dynamiques formant des mosaïques de stades successionnels et montrent des structures et des fonctions diverses (dégradation, jeunes, restauration...). L'hétérogénéité spatiale et la variabilité temporelle a généré une mosaïque d'écosystèmes différents pouvant exister dans une surface limitée.

La grande diversité des milieux méditerranéens terrestres est le résultat d'un ensemble de facteurs :

- Les grandes variations paléo climatiques ont données lieu à des successions de formations végétales et des sols.
- La position géographique, entre la zone tempérée et la zone désertique, a favorisé la présence d'une gamme de situation marquée par la transition et l'influence de ces milieux.
- L'hétérogénéité géomorphologique due à une topographie accidentée, a contribué à la fragmentation du milieu aux plans édaphiques et climatiques.
- La flore et la faune de différentes origines biogéographiques, survivants de formation soit tempérée soit tropicale. Ces espèces sont adaptées aux nouvelles conditions climatiques ou ont réajusté leur profil écologique dans le large spectre d'opportunités offertes par l'hétérogénéité spatiale et temporelle de ces zones.
- Les actions anthropiques : les activités agricoles, industrie et autres ont profondément modifié le milieu.

## Exemples d'habitats méditerranéens et espèces végétales :

Tableau I : Forêts sempervirentes non résineuses et maquis

Milieux /Habitats	Type de formation	Espèce(s)
Forêts sempervirentes non résineuses	Forêts d'oliviers non cultivés (oléastres)	<i>Olea europaea</i> subsp. <i>sylvestris</i>
	Forêts de chênes- lièges (subéraies)	<i>Quercus suber</i>
	Forêts de chênes verts	<i>Quercus ilex</i>
	Bois de houx	<i>Ilex aquifolium</i>
Maquis silicicoles mésoméditerranéens (Formations arbuscules souvent élevées.)	Maquis hauts	<i>Erica arborea</i> ; <i>Arbustus unedo</i> ;  <i>Quercus ilex</i> ; <i>Phillyrea angustifolia</i> <i>Viburnum</i>  <i>tinus</i> ; <i>Rhamnus alaternus</i> ; <i>Juniperus</i> <i>oxycedrus</i> ; <i>Fraxinus ornus</i>
	Maquis bas à bruyères	<i>Erica scoparia</i> ; <i>Lavandula stoechas</i> ;  <i>Calluna vulgaris</i> ;  <i>Erica cinerea</i> ; accompagné de nombreux <i>Cistus sp.</i> & divers <i>Genista</i>
	Maquis haut à cistes	<i>Cistus ladanifer</i> majoritairement
	Maquis bas à cistes	<i>Cistus monspeliensis</i> (très commun, notamment après les incendies) ; <i>Cistus</i> <i>salviifolius</i> (commun) ; <i>Cistus populifolius</i> (rare : terrains plus frais et humides – s'étend jusqu'au Languedoc);  <i>Cistus crispus</i> ; <i>Cistus albidus</i>

Tableau II : Différents types de garrigues

Milieux / Habitats	Type de formation	Espèce(s)
Garrigues calcaricoles de l'étage mésoméditerranéen occidental (Formations arbustives souvent basses)	Garrigues à chênes	<i>Quercus coccifera</i>
	kermès	
	Garrigues à romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i>
	Garrigues à cistes	<i>Cistus albidus</i>
	Garrigues à euphorbes	<i>Euphorbia spinosa</i>
	Garrigues à genévrier oxycèdre	<i>Juniperus oxycedrus</i>
	Garrigues à lavande	<i>Lavandula latifolia</i> (principalement); occasionnellement <i>Lavandula angustifolia</i>
	Garrigues à thym, sauge, germandrée et autres labiées	<i>Thymus vulgaris</i> ; aussi <i>T. piperella</i> & <i>T. capitatus</i> ; <i>Salvia lavandulifolia</i> ; <i>S. officinalis</i> ; <i>Teucrium polium</i> ; <i>T. marum</i> ...
	Garrigues à genêts	<i>Genista scorpius</i> ; <i>G. hispanica</i> ; <i>G. corsica</i>
	Garrigues à ajonc	<i>Ulex parviflorus</i>
Garrigues à composées	Dominée par divers genres de la famille des Astéracées : <i>Helichrysum sp</i> ; <i>Santolina sp</i> ; <i>Phagnalon sp.</i>	

## CHAPITRE IV INITIATION AUX SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)

### 4.1° Définitions :

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace.

Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et



l'affichage de données localisées.

C'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

Un système d'information géographique, comme le montre la figure 1.1, est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision.



Composantes d'un SIG

Un système d'information géographique peut être aussi défini par les questions auxquelles il apporte des réponses: Où ? Quoi ? Comment ? Quand ? Et si

**Où ?** Où cet objet, ce phénomène se trouve-t-il ? Plus généralement, où se trouvent tous les objets d'un même type ? Cette interrogation permet de mettre en évidence la répartition spatiale d'un objet.

**Quoi ?** Que trouve-t-on à cet endroit ? Il s'agit de mettre en évidence tous les objets ou phénomènes présents sur un territoire donné.

**Comment ?** Quelles relations existent ou non entre les objets et les phénomènes ? C'est la problématique de l'analyse spatiale.

**Quand ?** A quel moment des changements sont intervenus? Quels sont l'âge et l'évolution de tel objet ou phénomène ? C'est la problématique de l'analyse temporelle.

**Et si ?** Que se passerait-il si tel scénario d'évolution se produisait ? Quelles conséquences affecteraient les objets ou phénomènes concernés du fait de leur localisation.

4.2°) Fonctionnalité d'un SIG :

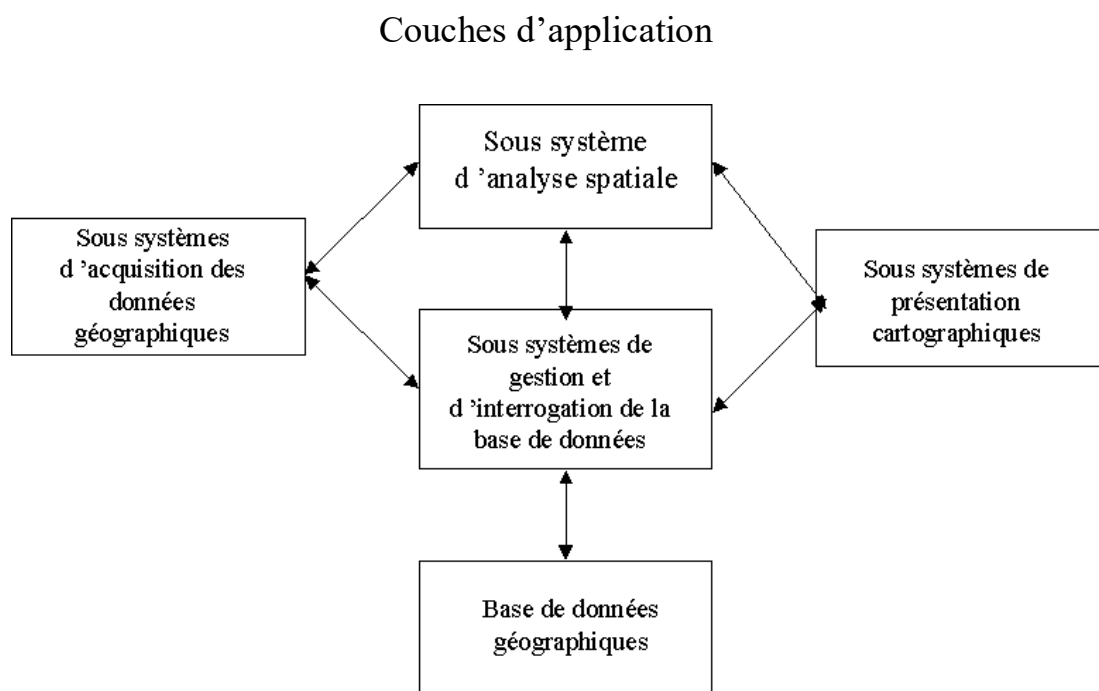
Un SIG répond à 5 fonctionnalités (les 5 A) :

- Abstraction: modélisation de l'information,
- Acquisition: récupérer l'information existante, alimenter le système en données,
- Archivage: stocker les données de façon à les retrouver et les interroger facilement,
- Analyse: réponses aux requêtes, cœur même du SIG,
- Affichage: restitution graphique.

En d'autres termes, un SIG est un environnement informatisé d'analyse d'une information spatiale numérisée.

### STRUCTURE D'UN SIG

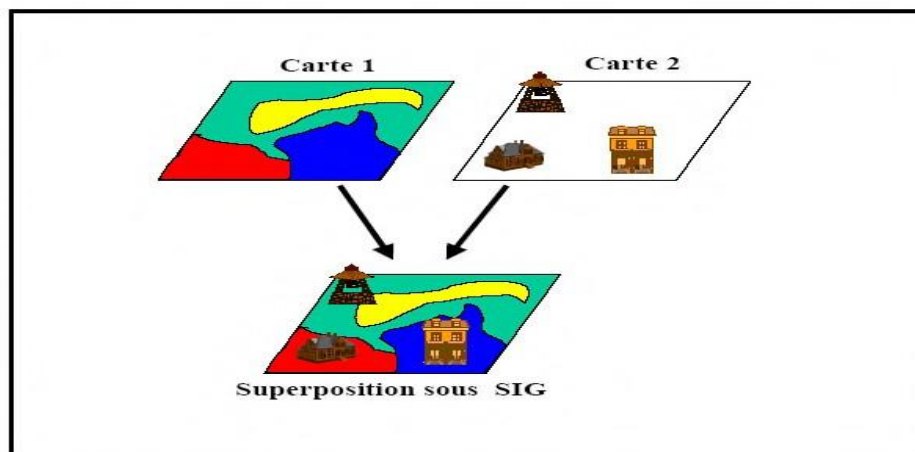
La figure met en évidence quatre groupes de fonctionnalités au-dessous d'une couche d'applications: l'acquisition des données géographiques d'origines.



Structure d'un SIG

Un SIG complet, permettra non seulement de dessiner puis tracer automatiquement le plan, mais en outre :

- De disposer les objets dans un système de référence géographique, de les convertir d'un système à un autre.
- De rapprocher entre elles deux cartes (deux plans) de sources différentes, de faciliter leur superposition.



Superposition sous un SIG

- De corriger certains contours de la moins fiable en reprenant les coordonnées correspondantes de la plus fiable.
- D'extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée, d'un carrefour, d'une route ou des rives d'un lac.
- D'extraire tous les objets situés dans un périmètre donné.
- De fusionner tous les objets ayant une caractéristique commune, par exemple les parcelles adjacentes ayant la même densité de surface bâtie.
- De déterminer, sur un réseau, l'itinéraire le plus court pour aller d'un point à un autre.

#### 4.3°) Les données d'un SIG :

Le premier aspect auquel on pense quand on évoque la notion de logiciel de cartographie informatique ou de système d'information géographique est celui de manipuler les données. Dès lors, un certain nombre de questions se posent : Comment l'information contenue dans une carte peut elle être stockée dans un ordinateur? Quelles sont les données traitées par les SIG ? La section suivante apporte les réponses aux différentes questions posées et met le point sur les modes d'acquisition de données dans un SIG.

#### 4.3.1°) Modes d'acquisition de données :

Dans la pratique, les données géographiques proviennent de sources différentes, ont des modes d'acquisition différents, sont sur des médias différents, on dit qu'elles sont multi sources. Certaines données sont directement mesurées sur le terrain (levés topographiques) ou captées à distance (système de positionnement Global GPS, photos aériennes, images satellitaires), ou saisies à partir de cartes ou de plans existants, ou récoltées par des organismes de production de données et ensuite importées. Il s'agira d'intégrer ces données hétérogènes, car de qualité, de fiabilité, de précision et d'extensions spatiales bien différentes.

Les principales méthodes d'acquisition de données :

- Numérisation : La numérisation (digitalisation ou vectorisation) permet de récupérer la géométrie des objets disposés sur un plan ou une carte préexistante.
- Balayage électronique (Scannérisation) : Le balayage électronique (réalisé avec un scanner), la numérisation (digitalisation ou vectorisation) permet de récupérer la géométrie des objets disposés sur un plan ou une carte préexistante, est un autre moyen de saisir un plan existant. Il est plus rapide que la digitalisation manuelle.
- Photogrammétrie : La photogrammétrie aérienne (photos aériennes) est utilisée de façon systématique pour constituer les cartes à moyenne échelle. Elle est retenue également dans les pays dont la couverture cartographique et géodésique est déficiente et utilisée pour la constitution de plans à grande échelle pour un coût qui peut être très avantageux.
- Images satellitaires (Télé-détection) : La télé-détection est un moyen très commode de créer les données à introduire dans les SIG. Il s'agit en effet d'utiliser, dans des conditions particulières et rigoureuses, soit les photographies aériennes, soit les images enregistrées et transmises par satellite.
- Import de fichiers : C'est une façon de réduire les coûts de saisie et de récupérer des données existantes et de les convertir au format, au système d'unités et au système de projection souhaités. Pour cela, on utilise des interfaces qui permettent, soit de transformer directement les données dans le format interne du SIG récepteur grâce à des bibliothèques de conversions à ce format interne, soit de passer par l'intermédiaire d'un format d'échange reconnu, par une fonction d'importation de données du SIG récepteur.

#### 4.3.2°) Types de données dans un SIG :

Généralement pour qu'un objet spatial soit bien décrit et prêt à être utilisé par un SIG, trois informations doivent être fournies:

- sa position géographique dans l'espace
- sa relation spatiale avec les autres objets spatiaux : topologie
- son attribut, c'est à dire ce qu'est l'objet avec un caractère d'identification (code).

Les systèmes d'information géographique permettent de traiter les données spatiales et associées

Données spatiales

Elles déterminent les caractéristiques spatiales d'une entité géographique où sont représentés et identifiés tous les éléments graphiques:

- La localisation : coordonnée par rapport à une échelle graphique de référence.
- La forme: point, ligne, surface.
- La taille: longueur, périmètre, surface.

Les informations font référence à des objets de trois types :

- Point: est désigné par ses coordonnées et à la dimension spatiale la plus petite.
- Ligne: a une dimension spatiale constituée d'une succession de points proches les uns des autres.
- Polygone (zone ou surface): est un élément de surface défini par une ligne fermée ou la ligne qui le délimite.

#### Données associées

Les données associées des entités géographiques permettent de compléter la représentation géométrique de l'entité spatiale. Chaque élément de l'espace reçoit un code d'identification qui peut être numérique ou littéral. Ce code constitue en quelque sorte une étiquette caractérisant le point, la ligne ou le polygone. Parmi ces données il faut distinguer :

- Données de classification: Ces données permettent de ranger le point isolé, la ligne ouverte ou la ligne fermée, dans une catégorie: limite administrative, contour de parcelle, bordure de trottoir, arbre d'alignement, conduite de réseau d'eau... Souvent ces distinctions seront prises en compte par l'organisation même du travail de saisie. Tout se passe, comme si l'on distinguait plusieurs couches d'informations, que l'on saisit successivement.
- Données d'identification: Ces données permettent d'individualiser chaque objet figurant sur le plan: nom propre de l'objet, par exemple nom de la commune ou numéro permettant de l'identifier: numéro de parcelle, numéro de vanne...
- Données attributaires: Ces données viennent apporter une information supplémentaire, propre à chaque objet identifié: le propriétaire de la parcelle, le diamètre de la conduite d'eau...

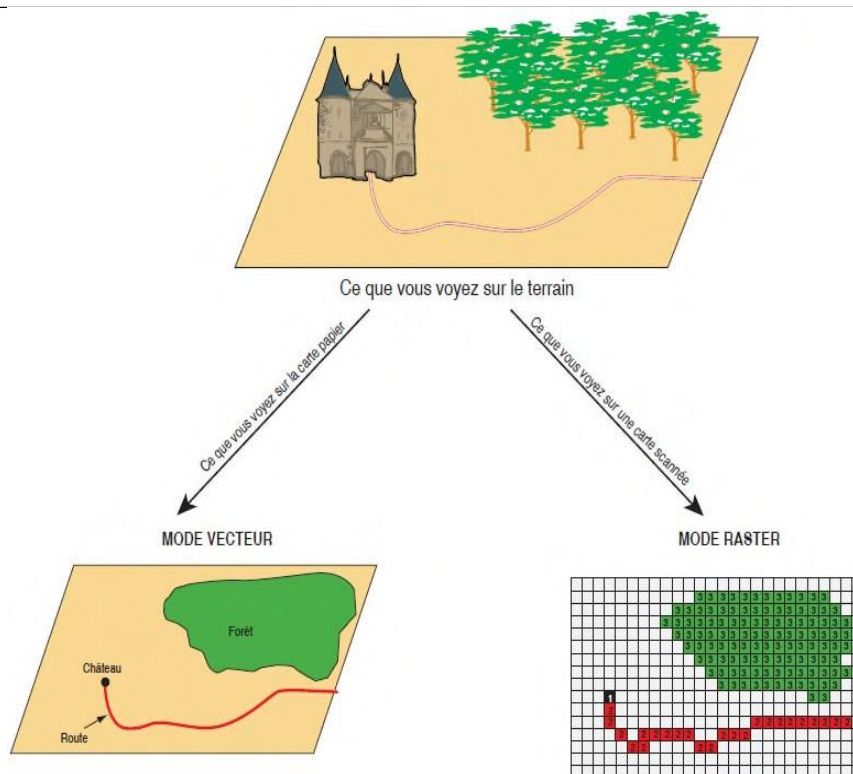
Souvent ces informations sont déjà disponibles sur des fichiers informatiques, où elles sont liées à l'identifiant de chaque objet.

En général, la classe d'objet est déterminée, au moins en partie, par le processus de digitalisation, les identifiants étant introduits souvent en bloc à la fin.

#### Modes de données dans les SIG :

La reprise de documents cartographiques existants sur support papier en vue de les introduire dans un SIG, pouvait recourir à des techniques différentes: la digitalisation et le balayage électronique par exemple. Le premier conduit directement, à des données cartographiques numériques de type vecteur, le

second à des données tramées.



### Modes de données dans un SIG

Ces deux modes sont complémentaires. Le raster est mieux adapté à certains types d'applications (télédétection) et apporte une réponse économique à certains besoins. L'exploitant d'un réseau pourrait par exemple se contenter de scanner des fonds de plans en les conservant au format raster et on numérise par-dessus son réseau en mode vecteur (qui nécessite une définition par formes géométriques). Le vecteur correspond à l'ensemble des besoins courants en gestion de données localisées.

#### 4.5°) Domaines d'application des SIG :

Les approches ont mis en évidence le fait qu'un système d'information géographique est un outil de gestion et d'aide à la décision. C'est un outil de gestion pour le technicien qui doit au quotidien assurer le fonctionnement d'une activité.

Le SIG doit aussi être un outil d'aide à la décision pour le décideur (directeur, administrateur) qui doit bénéficier de sa puissance et disposer de cartes de synthèses pour prendre les meilleures décisions. C'est cette finalité qui permet d'employer le terme de système d'information et de donner aux SIG les domaines d'applications suivants :

Pour les grandes échelles

- La gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétés, calcul de surfaces).
- La planification urbaine (plan d'occupation des sols et d'aménagement).

- La gestion des transports (voies de circulations, signalisation routière).
- La gestion des réseaux (assainissement, AEP, gaz, électricité, téléphone ...).
- La gestion du patrimoine (espaces verts, parcs, jardins ...).
- Les applications topographiques (travaux publics et génie civil).

Pour les échelles moyennes et petites

- Les études d'impact (implantation d'un centre commercial ou d'une école).
- Les études d'ingénierie routière (constructions de routes ou d'autoroutes).
- Les applications liées à la sécurité civile (prévention des risques naturels et technologiques).
- La gestion des ressources naturelles (protection de l'environnement,
- études géologiques, climatologiques ou hydrographiques).

#### 4.6°) Mise en place d'un SIG :

D'une manière générale, la mise en œuvre d'un SIG peut être faite avec différents logiciels parmi lesquels les quatre suivants constituent les plus utilisés : Geoconcept, ArcView, ArcGis et MapInfo. Tous ces logiciels ont une même vocation : apporter des réponses à la problématique spatiale grâce à des analyses cartographiques ou des thématiques. Les fonctionnalités techniques sont très proches les unes des autres. Ces logiciels s'adaptent à des usages dans les divers domaines, mais leur choix devra être éclairé par :

- Son cout dépendant évidemment du budget alloué au projet du SIG.
- L'ergonomie de son interface.
- La nécessité de former les chargés d'études pour sa prise en main.
- Ses atouts en termes d'apport de solutions d'analyses.
- Les possibilités d'échanges de données.
- La compatibilité de ses supports de données avec d'autres.