

### CHAPITRE III

#### **ELEMENTS BIOTIQUES :**

#### **UN COUVERT VEGETAL TRES SPECIFIQUE ET PEU DEVELOPPE**

« L'énergie nucléaire a tout changé sauf, hélas, nos façons de raisonner. »

A. EINSTEIN.

A l'échelle du globe, la répartition du manteau végétal reflète à travers la zonation bioclimatique la variation latitudinale des facteurs et des éléments climatiques. Mais à l'échelle régionale ou locale les aires de répartition de la flore sont plus tributaires du soubassement géologique et par conséquent des sols même si le climat, voire le microclimat joue un rôle important. L'exemple provençal est à cet égard éloquent avec l'opposition guarrigue à chêne kermès sur les massifs calcaires de la Provence occidentale et maquis à chêne liège sur les massifs cristallins des Maures et de l'Estérel en Provence orientale.

Ainsi, l'étude préalable des sols dans la région d'Essaouira a permis de jeter les bases de la connaissance du terrain à travers la constitution, la répartition des roches mères et les paramètres climatiques et morpho-sédimentaires.

La spécificité de la végétation régionale est double ; d'une part, elle est marquée par un fort endémisme et d'autre part, un certain nombre d'espèces très spécialisées se sont adaptées au géosystème dunaire alors que d'autres ont été introduites. Le faible recouvrement végétal est constitué par des formations très variées.

#### 1) Un endémisme régional très marqué

Le Maroc, largement intégré au domaine méditerranéen est aussi soumis à des influences océaniques et sahariennes non seulement sur le plan climatique mais aussi sur le plan botanique. La flore dominée par une souche méditerranéenne voit la pénétration d'éléments "étrangers". C'est notamment le cas dans la région d'Essaouira. Cette caractéristique est marquée en premier lieu par ce que PELTIER (1982) appelle le domaine macaronésien. Selon les travaux de PITARD et PROUST (1908), repris par BRAUN-BLANQUET et MAIRE (1924), puis EMBERGER (1924) et SAUVAGE (1948), la Macaronésie (les îles heureuses en Grec) comprend cinq archipels :

- les Açores (10 îles),
- l'archipel de Madère,
- le petit archipel des Salvages,
- les Canaries, et
- les îles du Cap Vert.

Le secteur macaronésien marocain s'étend sur une étroite bande littorale Nord-Sud, de Safi (100 km au Nord d'Essaouira) à la province de Tarfaya au Nord du Sahara occidental (PELTIER, 1982).

Il est marqué par une flore très caractéristique dont les éléments sont généralement crassulescents et aphyllés côtoyant souvent des éléments méditerranéens (BENABID, 1982). La principale et la plus originale de toutes les espèces du domaine macaronésien est l'arganier (*Argania spinosa*),

appartenant à la famille des *Sapotaceae*. Son aire de répartition, communément appelée " région de l'arganier ", correspond aux limites du secteur macaronésien marocain. En effet, elle se limite au Nord au niveau de Safi (nappes peu étendues) ; au Sud à l'oued Noun (100 km au Nord de l'oued Draa) ; à l'Est c'est dans la plaine du Souss qu'il s'enfonce le plus loin à une vingtaine de kilomètres de Tazenakht (environ 100 km à l'Ouest de Ouarzazate) ; la limite occidentale est matérialisée par la côte atlantique. Ainsi, l'arganeraie recouvre les plateaux de la bordure méridionale de la meseta, l'Atlas atlantique et les versants méridionaux du Haut-Atlas occidental, la plaine du Souss, les abords de la face occidentale du massif du Siroua et l'Anti-Atlas jusqu'à la vallée du Draa. La majeure partie de sa superficie se trouve dans la province d'Essaouira (AL BAYANE, 1995).

L'aire botanique de cet arbre serait selon P. BOUDY (1950), une enclave canarienne.

Deux stations isolées existent dans le Nord du pays : la première située au Nord d'Oujda (versant Nord du massif montagneux des Beni-Snassen) et la seconde, au Sud de Rabat (haute vallée de l'oued Grou).

O. LECOMPTE-BARBET (1975) a recensé le pourcentage d'espèces endémiques dans les familles représentées au Maroc. Il s'élève à 100 % pour les *Sapotaceae*.

On ne retrouve *Argania spinosa* dont le genre ne contient qu'une seule espèce (EL MAANA, 1994) dans aucune autre région du monde. A Madère et au Cap Vert existe le genre *Sideroxylon* (Banks) qui est le plus proche du genre *Argania*. *Argania spinosa* (L. 1753-Skeels) était aussi appelé *Argania sideroxylon* (Roem et Schoult), désignation qui a été délaissée au profit de la première (BOUDY, 1950). Parmi la famille des *Sapotaceae* qui contient une quarantaine de genres et six cents espèces (EL YOUSFI, 1988), tous peuplent la zone tropicale ou sub-saharienne, le plus septentrional étant *Argania* (28°40' de latitude N, au niveau de l'oued Noun) et l'exception étant *Bumelia* retrouvé en Amérique du Nord dans l'Illinois (BOUDY, 1950).

A l'échelle mondiale, la circonscription de l'arganier uniquement marocaine et très majoritairement sud-occidentale est donc très réduite puisqu'elle s'étend sur une superficie d'environ 828 300 ha (Colloque National sur la Forêt, 1996). C'est la deuxième essence forestière nationale après le chêne vert et la première à l'échelle régionale.

Pour P. BOUDY (1950), l'arganier est " un endémique spécifiquement marocain, à affinités tropicales ". Il serait une relique du Tertiaire, époque durant laquelle les archipels situés au large de l'Afrique occidentale étaient rattachés au continent. Il s'agit alors d'un endémisme d'espèce relativement restreint.

Cela dit, en fonction de ses zones d'extension, divers types d'arganeraie existent. Ce qui rend l'association végétale de l'arganier " très spéciale " (BOUDY, 1958) et des plus complexes dans la mesure où entrent dans la composition de son cortège floristique des endémiques de l'enclave macaronésienne, d'une part et des espèces saharo-tropicales, d'autre part ; toutes deux se mêlant à des espèces méditerranéennes.

Pierre BOUDY (1950) avait relevé l'interpénétration de plusieurs espèces liées à ces différents milieux comme *Wariona saharae*, *Withania frutescens*, *Calotropis procera*, *Tetraclinis articulata* et *Rhus albidus* pour ne citer que les plus importantes.

Plus tard, dans un souci de classification BARBERO et al. (1982) et PELTIER (1982) définissent deux alliances au sein de l'ordre des Acacio-Arganetalia :

- une alliance littorale aux conditions relativement humides et à éléments macaronésiens dominants tels qu'*Euphorbia Regis Jubae*, *Euphorbia resinifera*, *Senecio anteuphorbium*, *Rhus albidus* et *Rhus pentaphylla* ;

- une seconde alliance située à l'intérieur des terres à infiltrations saharo-tropicales et donc plus xérique incluant *Acacia gummifera*, *Lycium intricatum*, *Periploca laevigata*, *Euphorbia echinus*, *Zizyphus lotus* et *Ceratonia siliqua* (dans les secteurs les plus méridionaux, les acacias sahariens, *Acacia raddiana* et *Acacia seyal* s'intègrent très localement).

Selon O. LECOMPTE-BARBET (1975) l'endémisme des espèces sahariennes s'explique ici par " les fluctuations climatiques qui caractérisent cette région depuis la fin du Pliocène. Dans les régions présahariennes du Maroc on trouve des vicariantes d'espèces des montagnes du Sahara central, vestiges d'une ancienne flore limitée maintenant sur ses bordures dont le climat rappelle celui qui règnait au Sahara central dans ces périodes moins sèches ”.

Les éléments méditerranéens se mêlant aux deux alliances précédentes sont les suivants : *Pistacia lentiscus*, *Arisarum vulgare*, *Lavendula dendata*, *Cistus salvifolius*, *Cistus villosus* et *Thymus satureioides* (EL MAANA, 1994).

*Argania spinosa* est donc une espèce thermophile et xérophile. Son aspect très tortueux est le reflet d'une certaine rusticité et d'une résistance vigoureuse. Malgré son extension sur les versants du Haut-Atlas occidental, il demande des températures moyennes élevées. Il présente l'originalité de perdre ses feuilles lors d'une sécheresse prolongée, processus biophysique qui lui permet de mieux lutter contre l'aridité en limitant son évapotranspiration. C'est l'espèce forestière régionale la moins exigeante en eau pouvant même s'adapter à une sécheresse encore plus aigüe dans la région plus méridionale située entre l'Anti-Atlas et l'oued Draa où la pluviométrie annuelle est de 120 mm.

Le géosystème dunaire intègre l'arganier jusqu'à son extension sur les plateaux intérieurs. En effet, si on trouve peu d'individus dans la plaine littorale et à fortiori près d'Essaouira où les sols sableux sont les plus profonds, des placages de sables éoliens envahissent les espaces où l'arganier est présent. C'est notamment le cas dans le secteur de Watier qu'il occupe en association avec le thuya de Berbérie, le genévrier de Phénicie et une liane (*Periploca laevigata*) et entre l'oued Ksob et le cap Sim où il existe en formation monospécifique. Avec le genévrier de Phénicie il constitue un groupement végétal identifié par la méthode phytosociologique et inclus dans le périmètre des dunes maritimes d'Essaouira (BAL, 1993). Bien que l'espèce soit indifférente aux divers types de sols (siliceux ou calcaire, argileux, sablonneux ou caillouteux) il refuse les sols trop meubles comme les sables éoliens profonds (PELTIER, 1982) et bien entendu les sols halomorphes. Les plateaux intérieurs constituent son domaine de prédilection occupant en grande partie les formations quaternaires consolidées dont la plateforme moghrébienne et le substratum crétacé (secteurs de Tissouirine, Sidi Yacine et plateau des Ida Ou Gourdh).

Dans l'après guerre, l'étendue hégémonique de l'arganier au regard des deux autres espèces arborescentes principales que sont le thuya de Berbérie et le genévrier de Phénicie ne faisait aucun doute et c'est probablement toujours le cas à peu de choses près. Ainsi, la superficie boisée dans la circonscription de Mogador (dunes comprises) était de 55 402 ha et la répartition des espèces était la suivante :

- arganier 34 000 ha,
- thuya 9 000 ha et
- genévrier de Phénicie et olivier 1 000 ha (BOUDY, 1958).

Le reste étant peuplé en essences secondaires. Mais l'auteur livre des informations supplémentaires fort intéressantes à propos du secteur qui jouxte Essaouira : « Toute la zone entourant Mogador était, autrefois, garnie d'une forêt de genévriers rouges du type littoral avec un peu d'arganiers et qui, détruite par l'homme, a été envahie par les sables en mouvement d'origine maritime ou terrestre ». Evoquant toujours l'arganier quelques années plus tôt, BOUDY (1950) écrivait déjà : « C'est ainsi qu'autour de Mogador, il a été refoulé complètement des dunes non fixées,...Il est probable que ses racines très traçantes supportent mal le décapage éolien ». Malheureusement ces propos ne sont assortis d'aucune donnée quantifiée, mesure pratique ou résultat permettant d'avoir une idée plus précise de son ancienne étendue et de son taux de boisement respectif.

Le thuya de Berbérie (famille des *Cupressaceae*) est un arbre endémique de la Méditerranée sud-occidentale (endémisme de genre). Il peuple surtout les régions du Maghreb mais se rencontre aussi dans quelques secteurs très ponctuels, au Sud-Est de l'Espagne (région d'Almeria) et sur l'île de Malte.

D'après BOUDY (1950), les superficies couvertes en Afrique du Nord sont les suivantes :

- Maroc : 740 000 ha,
- Algérie : 161 000 ha,
- Tunisie : 30 000 ha.

Troisième essence forestière nationale (COLLOQUE NATIONAL sur la FORET, 1996), il représente la deuxième espèce arborescente à l'échelle régionale.

Dans la zone de l'arganier, il occupe 250 000 ha et dans les environs d'Essaouira 8 000 ha. Les plus beaux peuplements y sont ceux du massif de l'Ouamsitten (100 km au Sud-Ouest d'Essaouira) et les nappes de la forêt d'Ararta qui borde la route de Marrakech et s'étendent au NNE d'Essaouira jusqu'à la montagne Hadid.

Les substrats calcaires et une température élevée favorisent l'extension du thuya vers la mer, tant et si bien que le secteur d'Essaouira avec la douceur de ses hivers, constitue un site très caractéristique où il enregistre sa plus grande proximité avec l'océan. Sa relative indifférence aux conditions édaphiques fait qu'il est omniprésent dans la région mais comme l'arganier, les sols dunaires profonds le gênent bien que dans certains secteurs il soit envahi d'amas dunaires importants et à l'origine de nebkas (entre Essaouira et Watier, secteurs de Watier, de Taoubalt et en partie, de Diabat). On le trouve ainsi en association avec *Juniperus phoenicea* ssp. *lycia* (le

génévrier de Phénicie). Cependant, il apprécie les substrats sableux consolidés quaternaires (FENNANE, 1987) et on le retrouve alors plus à l'intérieur en peuplement monospécifique (forêt d'Ararta).

Les autres espèces très caractéristiques de cette association sont, d'après FENNANE (1987), *Thymus broussonetii*, *Cistus salviifolius*, *Halimium halimifolium* et *Helianthemum canariense*. Avec l'arganier souvent présent, *Periploca laevigata* se range dans le même groupe.

Comme l'arganier le thuya est un arbre rustique et il a la faculté de rejeter de souche (faculté rare chez les résineux que possèdent aussi *Pinus canariensis*, *Pinus rigida* et *Sequoia sempervirens*) lui permettant de résister dans une certaine mesure aux mutilations les plus profondes y compris aux incendies.

C'est une essence également thermophile et xérophile mais surtout héliophile. Le thuya est absent des espaces ombragés et des ubacs ; il recherche la lumière. Son association avec le génévrier de Phénicie est courante et sa physionomie très proche c'est pourquoi il est très aisé de confondre des peuplements mixtes avec une formation monospécifique.

*Juniperus phoenicea* est la troisième essence forestière régionale. Elle appartient comme le thuya à la famille des *Cupressaceae*. A l'inverse des deux précédentes, elle colonise aisément les substrats dunaires vifs en plus des dunes consolidées qu'elle peuple uniformément ou en association avec le thuya et / ou l'arganier.

C'est une espèce typiquement méditerranéenne et son endémisme de genre s'étend à une aire plus large que celle du thuya. Elle occupe tout le pourtour méditerranéen de manière plus ou moins continue et s'étire d'Est en Ouest du Proche-Orient aux îles Canaries et à Madère.

A l'inverse des autres résineux, son aire de peuplement est à peu près continue au Maghreb. Elle se scinde en deux parties : un secteur littoral et un secteur " continental ", de montagne. Les superficies couvertes sont très variables (BOUDY, 1950) :

- Maroc : 152 000 ha,
- Algérie : 290 000 ha,
- Tunisie : 8 000 ha.

Dans la région de l'arganier, le génévrier de Phénicie s'étend sur 34 000 ha. Il recouvre les dunes d'Essaouira sur 900 ha (BOUDY, 1950) mais ces peuplements observés sur le terrain sont souvent à l'état arbustif ; ils ne dépassent que très rarement deux mètres. Les plus belles formations à essence dominante unique sont celles de Sidi Kaouki, de Bou Tazert et de Talmest où les individus peuvent dépasser cinq mètres. Cependant le sous-bois y est relativement réduit et se compose d'éléments méditerranéens tels que *Retama monosperma*, *Ephedra fragilis*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus oleoides* et *Phillyrea media*, entre autres, se distinguant d'éléments plus méridionaux comme *Periploca laevigata*, *Ononis natrix* ssp. *angustissima*, *Cenchrus ciliaris* et *Helianthemum canariense* (BAL, 1993).

A l'inverse des deux précédentes espèces (l'arganier et le thuya), le génévrier de Phénicie ne recherche pas obligatoirement la chaleur ; le caractère thermophile lui est étranger puisqu'un faciès continental de montagne existe et a été identifié dans le Sud marocain par une limite supérieure à 2 400 m sur le Sarrho et à 2 200 sur le Haut-Atlas (BOUDY, 1950). *Juniperus*

*phoenicea* est une espèce très robuste qui rejette de souche également et capable de s'adapter à des conditions arides mais pas plus arides que celles de l'arganier. Bien que pour P. BOUDY (1950) “ c'est de toutes les essences forestières celle qui résiste le mieux à l'aridité, d'où sa présence dans les dunes ”, le facteur édaphique est déterminant et il n'est pas unique.

La proximité d'une nappe phréatique est un deuxième facteur ; celle de l'océan en est un autre ; et le système racinaire des individus constitue un quatrième facteur.

En effet, les sols sableux sont arides car très perméables mais une nappe phréatique peu profonde peut en atténuer l'aridité. En revanche un lithosol ou un calcisol peut marquer une aridité plus prononcée que les précédents si la nappe est profonde et en raison de la proportion importante de galets ou de la structure en dalle qui accroît l'évaporation du sol par la chaleur spécifique élevée des roches.

Aussi, dès qu'on s'éloigne des dunes mobiles et de la zone des embruns, le thuya devient plus abondant que le genévrier et plus à l'intérieur c'est l'arganier qui prend le relais. La proximité de l'océan en tant que source d'humidité apportée par l'alizé joue sans aucun doute, un rôle considérable. D'autant plus que l'évapotranspiration sur le littoral est bien inférieure à celle de l'hinterland.

Le quatrième point est que l'arganier ayant la particularité d'avoir un système racinaire traçant et une adaptation physiologique en cas de sécheresse accusée grâce à la perte de ses feuilles se contente de très peu d'humidité. Alors que le genévrier puise l'eau beaucoup plus en profondeur. De plus, les racines traçantes de l'arganier ne peuvent s'implanter dans un substrat aussi meuble que les sables dunaires d'Essaouira.

A l'inverse de ce que souligne P. Boudy (1950) le genévrier de Phénicie est certainement une espèce xérophile mais pas autant que l'arganier.

Parmi les trois principales espèces arborescentes régionales, une seulement est une angiosperme : l'arganier ; appartenant au domaine macaronésien, il représente une curiosité géographique rare.

Les deux autres, plus courantes, sont des gymnospermes propres au domaine méditerranéen : le thuya de Berbérie et le genévrier de Phénicie.

Des trois, l'arganier est d'une part, celui qui exprime le plus fort endémisme, d'autre part, celui qui couvre la plus grande superficie régionale.

Leurs compagnes respectives relèvent du domaine méditerranéen mais aussi, en proportion non négligeable, du domaine macaronésien et dans une moindre mesure, de la zone saharienne.

Un caractère xérophile accusé est commun aux trois espèces.

Le premier aspect d'une végétation très spécifique est celui de l'endémisme. Mais la flore locale s'est considérablement enrichie d'espèces introduites afin de fixer les sables mobiles des dunes. Le caractère dunaire constitue le second trait de la spécialisation végétale locale et régionale.

## 2) L'adaptation d'une végétation psammophile et halophile

Des trois principales espèces arborescentes, le genévrier de Phénicie est assurément le plus psammophile. Cependant, au cœur même du géosystème il existe à l'état arbustif et témoigne d'une conquête végétale vigoureuse. Le terme de reconquête végétale est généralement employé par les auteurs contemporains (BOUDY, 1950 ; HOUMIMYD et ALLAM, 1990 ; BAL, 1993) ainsi que

par les ingénieurs forestiers de la DEFCS (Direction des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols) d'Essaouira. Ceux-ci pensent que la végétation climacique est une junipéraie aujourd'hui disparue sous la pression anthropique ayant laissé la place à des accumulations dunaires. Mais en l'absence d'arguments convainquants, il serait plus judicieux de parler de conquête végétale plutôt que de reconquête. En effet, pour le moment rien ne prouve l'existence d'une végétation antérieure aux dunes et si elle a existé, que c'était une junipéraie.

Nous tenterons d'apporter quelques éléments de réponse en deuxième et troisième partie. Dans le même sens, il est difficile d'affirmer que les accumulations dunaires sont exclusivement d'origine anthropique.

Sans pour autant avancer que le genévrier de Phénicie est ici une espèce nouvelle qui s'est adaptée localement au substrat dunaire d'Essaouira et tout en sachant que les dunes littorales du Maghreb jusqu'à la Tunisie sont peuplées en grande partie de *Juniperus phoenicea*, une description de l'adaptation dunaire de la végétation qui accompagne le genévrier s'impose. A ce titre, le terme adaptation doit être compris non pas comme une mutation de la végétation en place depuis la formation des dunes (bien que cela ne soit pas à exclure pour certaines espèces), mais comme des formes de vie accommodables et accommodées liées aux sables vifs.

Ainsi, le rôle de l'anthropisation prend toute son ampleur dans l'intervention de l'administration forestière et des populations locales qui ont œuvré et oeuvrent toujours à la stabilisation de ces dunes " blanches " en effectuant des campagnes de boisement. C'est pourquoi la question de " l'adaptation " de la végétation dunaire est posée. Pour le moins, la phytocénose du géosystème est plus adoptée qu'adaptée, même si les deux ne sont pas incompatibles. Cette adaptation est donc plus anthropique que " naturelle " car la phytomasse actuelle est le résultat de l'introduction d'espèces non endémiques.

Le terme d'adaptation ne doit pas être réduit au sens d'une évolution où l'homme n'a joué aucun rôle. Ainsi une espèce peut être introduite et peut aussi ne pas s'adapter. L'homme comme le vent où les oiseaux migrateurs est à l'origine de l'adaptation d'espèces à l'extérieur de leur aire de répartition endémique. Le terme d'adaptation englobe donc celui d'introduction auquel nous réservons le sens d'une initiative et d'un volontarisme.

En effet, le géosystème dunaire a été l'objet de boisements réguliers et soutenus que nous développerons en fin de deuxième partie (chapitre VI) à propos de la dynamique du géosystème.

Le développement dunaire a pris ici une telle ampleur que pour beaucoup d'auteurs dont BEN DAANOUN M. (1993), Essaouira constitue le plus bel exemple marocain : " Pour ces milieux dunaires, ceux les plus spectaculaires sont ceux du Sud-Ouest marocain, dont essentiellement ceux d'Essaouira. "

Afin de fixer les sables mobiles, des espèces très spécialisées ont été sélectionnées, communément liées aux milieux très spécialisés que sont les zones désertiques et semi-désertiques. Ces espèces sont soumises à un déterminisme édaphique contraignant caractérisé par un faible bilan hydrique. Le spectre biologique est défini par une majorité de thérophytes et d'hémicryptophytes psammophiles et xérophiiles.

La plus répandue car la plus apte à fixer les sables dunaires est une *Gramineae* : *Ammophila arenaria* ssp. *arundinacea* (l'oyat ou le roseau des sables). Celle-ci est régulièrement accompagnée de *Retama monosperma* (endémique stationnellement introduite), *Medicago*

*minima*, *Lotus creticus*, *Andryala canariensis*, *Euphorbia paralias*, *Polycarpea nivea*, *Ononis natrix* ssp. *angustissima*, *Cyperus kalli* (le souchet des dunes) et *Crucianella maritima* pour les plus importantes.

Il est à noter qu'*Aristida pungens* (sous-famille des *Arundinoideae*, WATSON et al., 1985), s'enracinant habituellement dans les sables éoliens profonds (ergs), très répandue au Sud-Est du pays et en Tunisie n'est pas présente ici.

En revanche, d'autres *Gramineae* telles que *Lygeum spartum*, *Cenchrus ciliaris*, *Aeluropus litoralis* et *Avena alba* peuplent la périphérie d'Essaouira.

La première appartenant à la sous-famille des *Arundinoideae*, est caractéristique des steppes sur formations gypseuses en Tunisie aride (AKRIMI et NEFFATI, 1994). Sa présence est probablement liée à celle du gypse dans les dépressions (cf. chap. II).

La deuxième (*Cenchrus ciliaris*) appartient à la sous-famille des *Panicoideae* qui est caractéristique des milieux chauds et humides (WATSON et al., 1985).

La troisième (*Aeluropus litoralis*) est rattachée à la sous-famille des *Chloridoideae* marquant des milieux chauds et secs (WATSON et al., 1985).

La quatrième et dernière (*Avena alba*) fait partie de la sous-famille des *Festucoideae* peuplant des milieux tempérés, froids ou d'altitude (WATSON et al., 1985).

Au-delà du caractère psammophile de la végétation, toutes les nuances à distinguer au sein même du géosystème et la complexité qu'il exprime sont soulignées par le peuplement d'espèces graminéennes adaptées à des milieux spécifiques très différents. En effet, celui-ci revêt des caractéristiques diverses et parfois opposées, tant sur le plan hydrique (hydromorphie et xéromorphie) que sur le plan thermique (tempéré et chaud).

Côtoyant ces espèces, des essences arborescentes telles qu'*Eucalyptus gomphocephala* et *Acacia cyanophylla* essentiellement ont été introduites. *Acacia cyclops* a été placé en bordure océanique afin de fixer le cordon dunaire littoral. Ces arbres ne sont pas exclusivement psammophiles mais ont été choisis en fonction de leur rapidité de croissance, de manière à produire une matière organique abondante à court terme, afin d'accélérer la pédogénèse et la stabilisation des sables. Ils sont assurément xérophiles comme les espèces précédentes, tant herbacées qu'arbustives. Ils supportent une sécheresse prononcée malgré la compensation apportée localement par des taux d'humidité relative élevée.

S'il est au coeur du géosystème dunaire, le genévrier de Phénicie éprouve quelques difficultés à s'imposer dans l'aire de boisement face aux eucalyptus et acacias et cela malgré une régénération assurée. Cependant il existe à l'état climacique avec *Periploca laevigata*, *Prasium majus* et *Salsola longifolia* qui composent le sous-bois dans des périmètres situés entre Azelf et Sidi Yacine et autour de la ferme Watier sur des sols sableux profonds (BAL, 1993). Il manifeste la même vigueur sur les dunes consolidées (grès siliceux et calcaires, dunes « grises » longitudinales du cap Sim). Essaouira est la localité où le faciès littoral du genévrier s'éloigne le plus de l'océan (BEN DAANOUN, 1993).

Le concept de climax est souvent prépondérant dans les études phytodynamiques car il place la végétation sous l'angle de successions progressives ou régressives à différents stades (stade pionnier, intermédiaire et terminal ou climacique). Il se fonde sur l'idée d'équilibres dynamiques et de cycles et conserve donc un lien avec le concept antérieur de forêt primaire. L'initiative de cartographier la végétation de la France à partir de feuilles au 1/200 000<sup>e</sup> (GAUSSEN, in



OZENDA, 1986) a permis d'aboutir à la notion de série de végétation ou série dynamique, puis de zone équipotentielle (REY, in OZENDA, 1986). Ainsi a émergé le concept de climax rassemblant la totalité de groupements végétaux qui évoluent vers lui, s'en éloignent ou en dérivent. Mais l'école du climax comme la plupart des courants de pensée a essuyé des critiques injustifiées pour certaines d'entre elles et justifiées pour les autres. Par exemple, traitant des conceptions du temps en géographie, REYNAUD (1971) souligne les ambiguïtés de la notion de cycle et de l'obsession finaliste ; il conçoit plus aisément un déroulement hétérogène fait de ruptures, de discontinuités à l'image des crises climatiques, ou des impacts anthropiques.

Ces remarques justes et justifiées imposent donc une certaine prudence à l'égard du concept de climax, prudence adoptée dans le cadre du géosystème d'Essaouira.

Comme il a été décrit au chapitre précédent, les dépressions interdunaires sont en partie occupées par des sols salins couverts d'espèces caractéristiques de milieux halo-hydromorphes : *Sarcocornia fruticosa* dont l'ancien nom de genre est *Salicornia* (FENNANE et al., 1999), *Suaeda fruticosa*, *Salsola longifolia*, *Frankenia thymifolia*, *Atriplex glauca*, *Limonium guyonianum*, *Limonium mucronatum*, *Lycium intricatum*, *Juncus acutus* et *Tamarix canariensis* (plus psammophile que les précédentes). Celles-ci se sont naturellement adaptées aux sols salins et humides. Les salicornes observées sont vertes sur leur partie basale alors que le sommet des épis est souvent rougeâtre formant une concentration de soude.

Malgré le caractère hydromorphique des bas-fonds qu'elles occupent, ces espèces fonctionnent comme des xérophytes. Les dépressions étant soumises à une évaporation élevée, la végétation accumule de fortes quantités d'eau dans ses tissus, processus biophysique qui constitue une des formes les plus abouties de l'adaptation à la sécheresse : la crassulescence. Ce phénomène de résistance au déficit hydrique, autrement appelé évitement (HARROUNI, 1994), met en jeu une pression osmotique élevée au sein du parenchyme des plantes. C'est une régulation des différences de concentration en sels qui s'effectue entre le sol et les tissus de la plante afin de rechercher un équilibre. Ce processus nommé osmose s'accompagne de plusieurs autres processus d'adaptation dont les principaux sont l'absence de feuilles diminuant l'évapotranspiration, la formation d'un duvet blanchâtre augmentant la réflectance (c'est notamment le cas de *Frankenia thymifolia*, entre autres) et l'augmentation du rapport partie racinaire/partie aérienne.

La végétation du géosystème dunaire est formée de deux sous-ensembles :

- le premier correspond à une végétation majoritairement introduite qui a pour but de stabiliser les sables vifs ; elle peuple les hauts de dunes et les versants et s'accompagne d'espèces spontanées telles que *Juniperus Phoenicea*, *Cyperus kalli* et *Andryala canariensis*, entre autres ;

- le second sous-ensemble est composé d'une végétation "naturelle" qui colonise les cuvettes interdunaires. Caractéristique des milieux salés et humides, elle s'est implantée et répandue naturellement. *Sarcocornia fruticosa* (la salicorne) est en tête du cortège floristique.

Après avoir décrit l'endémisme végétal marqué, la seconde spécificité de la végétation locale s'exprime d'une part, à travers un faciès dunaire d'abord adapté, puis spontané ; et d'autre part, à travers un faciès halomorphe, spontané. Il est important de mentionner enfin le degré d'anthropisation élevé lié à l'introduction directe par l'homme d'un groupe d'espèces arborescentes principalement et qui représente la majeure partie de la phytomasse sur l'aire de boisement.

La variété des groupements végétaux et la faible densité du couvert partout significative, caractérisent le géosystème dunaire.

### 3) La faible densité et la diversité des formations végétales

La diversité et la faible densité des groupements végétaux sont mises en valeur par l'étude de BAL (1993) qui a effectué des relevés phytosociologiques suivant la méthode sigmatiste développée par BRAUN-BLANQUET (1928 et 1933). Neuf groupements ont été identifiés plus une classe intitulée « reboisements » couvrant en grande partie la superficie dunaire.

Les neuf groupements végétaux relevés sont les suivants :

- I) groupement à *Rhus albidus* et *Limonium mucronatum*,
- II) groupement à *Polycarpea nivea* et *Lotus creticus*,
- III) groupement à *Tamarix canariensis*, *Salsola longifolia* et *Lycium intricatum*,
- IV) groupement à *Juniperus phoenicea* et *Periploca laevigata*,
- V) groupement à *Juniperus phoenicea* et *Tetraclinis articulata*,
- VI) groupement à *Juniperus phoenicea* et *Argania spinosa*,
- VII) groupement à *Salsola longifolia*, *Periploca laevigata*, *Asparagus pastorianus* et *Senecio anteuphorbium*,
- VIII) groupement à *Retama monosperma* et *Limonium mucronatum*, et
- IX) groupement à *Helianthemum confertum* et *Retama monosperma*.

La méthode suivie a nécessité l'affectation de deux indices pour chaque espèce inventoriée : un indice d'abondance-dominance exprimant l'abondance des individus et leur recouvrement ; et un indice de sociabilité indiquant leur répartition spatiale (individus isolés, en touffes, en groupes, en colonies ou en peuplements).

Le tableau XIII ci-dessous, indique les taux de recouvrement et la hauteur moyenne des strates arborescente et arbustive pour chacun des groupements identifiés. Hauteur et densité nous donnent une idée de la phytomasse locale dont la production est relativement faible même si les groupements IV et V paraissent assez denses.

Tableau XIII :  
Taux de recouvrement et hauteur des groupements végétaux sur dunes maritimes d'Essaouira, d'après BAL (1993), modifié.

| Groupements | Strate arborescente    |                     | Strate arbustive       |                     |
|-------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
|             | Recouvrement moyen (%) | Hauteur moyenne (m) | Recouvrement moyen (%) | Hauteur moyenne (m) |
| I           | < 5                    | 4                   | < 60                   | < 1                 |
| II          | -                      | -                   | < 40                   | < 0,5               |
| III         | < 15                   | 3                   | < 55                   | < 1,5               |
| IV          | 55                     | 4                   | 40                     | 1,5                 |
| V           | 55                     | < 3,5               | 50                     | 1                   |
| VI          | < 35                   | < 3,5               | < 60                   | 1,5                 |
| VII         | < 10                   | 3                   | < 60                   | < 1,5               |
| VIII        | < 5                    | 3,5                 | > 60                   | < 1,5               |
| IX          | < 5                    | < 3,5               | > 60                   | < 1,5               |

Les taux de recouvrement de la strate arbustive sont beaucoup plus élevés que ceux de la strate arborescente (50 % en moyenne avec des valeurs supérieures à 60 % pour les groupements VIII et IX, contre 20 % en moyenne). Le groupement II n'a pas de strate arborescente et cette dernière enregistre des valeurs très basses, inférieures à 5 % pour les groupements I, VIII et IX.

La hauteur générale est relativement limitée, au maximum 4 m ; dans certains secteurs les individus peuvent dépasser cette valeur. Le groupement III à *Tamarix canariensis*, *Salsola longifolia* et *Lycium intricatum* enregistre une hauteur moyenne de 3 m pour la strate arborescente, valeur relativement élevée, probablement due à des mesures effectuées le long des ripisylves. Alors que les tamaris situés au contact dépressions-dunes sont à l'état arbustif et s'élèvent à 1,5 m maximum. Le jonc piquant (*Juncus acutus*) marque la limite externe des cuvettes interdunaires humides et salées. Dans les bas-fonds, la strate herbacée est toujours inférieure à 60 cm ; la hauteur maximale des salicornes n'excèdent pas 30 cm.

D'un point de vue physiologique, la diversité de tels groupements végétaux met également en valeur la diversité paysagère, même si la plupart des formations observées sont des matorrals. Pour IONESCO et SAUVAGE (1962) qui ont établi un essai de définition et de nomenclature des types de végétation au Maroc, un matorral est « une formation de végétaux ligneux n'excédant pas pas 7 m de hauteur, ... ».

Ces mêmes auteurs (1962) mettent l'accent sur l'ambiguïté du terme de forêt qui prend un sens totalement différent suivant la latitude à laquelle on se réfère : « Si l'on applique brutalement les critères d'Europe tempérée ou ceux d'Afrique inter-tropicale, on s'aperçoit rapidement que très rares sont les peuplements ligneux qui mériteraient au Maroc le nom de forêt ». Pour la taille, ils adoptent la définition de C.-L. GATIN (1924) reprise par A. BRUTTINI (1930) et pour laquelle l'arbre a une taille minimale de 7 m ; « si l'on admet cette définition de la forêt, on voit que sont exclues de ce type de végétation :

- a) toute formation ligneuse fermée trop basse (de taille inférieure à 7 m ; ainsi la « forêt » basse de genévrier rouge des dunes de Mehdiya est en réalité un matorral élevé dense... »

Au niveau de la taille, Ionesco et Sauvage distinguent trois types de matorral en domaine semi-aride marocain :

- les **matorrals élevés** dépassant 2 m,
- **moyens**, compris entre 2 m et 60 cm,
- et **bas**, ne dépassant pas 60 cm.

Sur le plan de la densité, ils distinguent également trois types :

- les **matorrals denses**, couvrant plus des  $\frac{3}{4}$  de la surface,
- **troués**, couvrant de la  $\frac{1}{2}$  aux  $\frac{3}{4}$  de la surface et
- **clairs**, couvrant du  $\frac{1}{4}$  à la  $\frac{1}{2}$  de la surface.

Sur la base de cette classification, les formations végétales observées sur le terrain, sont :

- un **matorral arboré élevé dense** (groupements IV et V),
- un **matorral arbustif moyen dense** (groupement VI),
- un **matorral arbustif moyen troué** (groupements I, III, VII, VIII et IX) et
- un **matorral bas clair** (groupement II).

Le groupement VI est le plus éloigné du littoral ; et les formations pures d'arganiers situées plus à l'Est et non prises en compte par Bal (1993) dans l'identification des groupements phytosociologiques, montrent un paysage de **steppe arborée**, le recouvrement étant inférieur au quart de la surface.

Les formations végétales s'organisent en deux unités paysagères dominantes qui s'interpénètrent formant une mosaïque :

- un **matorral arboré élevé, clair** à *Acacia cyanophylla*, *Eucalyptus gomphocephala* et *Juniperus phoenicea* sur les dunes (sommets, versants et dépressions intradunaires) ;
- une **steppe herbacée crassulescente** à *Sarcocornia fruticosa* dans le fond des dépressions interdunaires.

La seconde formation est celle qui s'apparente le plus au groupement III sur le plan de la composition floristique et bien qu'elle en diffère sur le plan physiognomique. En effet, les conditions halo-hydromorphiques propres aux creux interdunaires et à la basse vallée du Ksob (conditions de plus en plus affirmées vers l'embouchure) imposent un cortège floristique composé d'espèces halo-hygrophiles telles que *Tamarix canariensis*, *Salsola longifolia*, *Sarcocornia fruticosa*, *Atriplex glauca*, *Juncus acutus*, et *Lycium intricatum* pour les principales. Cependant, les bas-fonds interdunaires expriment une forte spécialisation qui les distingue nettement des autres dépressions tant sur le plan pédologique, hydrologique, que botanique.

Dans l'ensemble, la phytomasse est assez peu fournie (végétation claire et peu élevée) même si les taux de recouvrement moyens de la strate arbustive affichent des valeurs au dessus de 50 % en moyenne. La diversité des formations végétales et leur distribution dans l'espace montrent beaucoup de vides où dominent de manière discontinue sables éoliens et substratum. Le manteau végétal n'assure ainsi qu'une très faible protection des sols soumis à la déflation et/ou au lessivage. Cette précarité est renforcée par une protection souvent nulle (décapage ou accumulation dunaire).

Une des particularités du géosystème réside dans la répartition des formations végétales suivant un maillage serré qui prend la forme d'une mosaïque où alternent espèces de reboisement (et leur cortège psammophile spontané) sur les dunes (matorral arboré) et espèces halo-hygrophiles spontanées dans les dépressions (steppe herbacée crassulescente).

La double spécificité du couvert végétal est indiquée par un endémisme marqué qui voit l'association originale d'espèces méditerranéennes, macaronésiennes et saharo-tropicales. De plus, une végétation spécialisée a colonisé les sables dunaires et les dépressions argileuses salées. La phytomasse produite est peu abondante (faibles recouvrement et hauteur) et les formations végétales sont diversifiées : steppes herbacée et arborée ; matorrals arborés et arbustifs, élevés, moyens et bas, denses, troué et clairs.

## *Conclusion*

La présentation des éléments biotiques et abiotiques du géosystème dunaire souligne un contexte régional semi-aride. Hydromasse et aéromasse sont contrôlées par des facteurs climatiques originaux et impriment leurs influences à la lithomasse ainsi qu'à la pédomasse. Cette dernière constitue une surface de contact fragile entre éléments biotiques et abiotiques. La couverture végétale à la fois endémique et introduite n'est pas assez épaisse pour enrayer la dynamique dunaire.

Les interrelations entre l'anticyclone des Açores, le courant des Canaries et le phénomène d'upwelling sont les facteurs principaux du caractère méditerranéen affirmé du climat (absence de pluies estivales et faiblesse des précipitations annuelles avec 279 mm). L'alizé de secteur NNE constitue un élément climatique prédominant, en forte corrélation négative avec la pluviométrie. Malgré les influences océaniques, l'indice d'aridité d'Emberger marque un bioclimat semi-aride à hiver chaud.

L'interdépendance chronologique et spatiale des agents morphodynamiques fait apparaître une dimension décroissante de leur rôle respectif dans l'évolution du modelé : la dynamique marine, la dynamique éolienne, la dynamique fluviatile et enfin la tectonique. Si la dynamique marine occupe une place essentielle à l'échelle des temps géologiques et si son action n'est pas perceptible à l'échelle humaine, la dynamique éolienne prend une part primordiale et assure l'essentiel de l'évolution des formes du modelé actuel. Son rôle paléomorphodynamique est aussi prépondérant ; depuis la fin du Pléistocène (15 000 ans B.P.), au moins trois systèmes dunaires ont été enregistrés.

Le faible degré d'évolution des sols à la fois squelettiques et instables ainsi que leur répartition indiquent d'une part, la précarité du géosystème. Cette dernière prend toute sa dimension à travers la sensibilité de l'interface que constitue le sol. D'autre part, les discontinuités spatiales forment une mosaïque où les sols salins s'intercalent parmi les sols dunaires. A l'échelle régionale, le géosystème prend la configuration d'un isolat pédologique dont l'espace endoréique est ignoré du principal exutoire local qu'est l'oued Ksob, au Sud. La roche mère est souvent décapée et mise à nu, fragilisée par l'insuffisance ou l'absence de pédogénèse et agressée par les agents météoriques (alizé et précipitations).

Le couvert végétal revêt une double spécificité et un faible développement. Il est caractérisé par un fort endémisme et l'adaptation d'une végétation très spécialisée, psammophile et halophile composée d'espèces introduites et spontanées. Mais la minceur du manteau végétal n'assure pas une bonne protection des sols soumis à l'érosion éolienne très incidente.

En somme, le géosystème dunaire d'Essaouira-Est comprend deux géofaciès : un géofaciès dunaire à acacias, eucalyptus et genévriers représenté par les sables mobiles autour des bouquets de végétation ; et un géofaciès lagunaire à salicornes représenté par les dépressions interdunaires. Cette répartition dichotomique suscite une comparaison à laquelle on ne peut s'empêcher de penser et dont le point commun réside dans l'alternance de deux géofaciès comme dans d'autres régions désertiques du globe : les dunes et les dépressions. Un exemple relativement bien connu est le géosystème des Kara-Koum de la région aralo-caspienne (ex-république soviétique de Turkménie) où cordons dunaires et couloirs interdunaires (les takyr) alternent formant les deux géofaciès de base du géosystème (ROUGERIE, 1988). Bien qu'éléments biotiques et abiotiques présentent là-bas une structure et une dynamique très différentes, le rapprochement est évident.

A l'issue de cette première partie se dégage un modèle théorique général du géosystème auquel sont intégrés les éléments biotiques et abiotiques de la localité souirie (fig. 18 et 19, page suivante). Celui-ci n'est ni fixe ni définitif mais adaptable en fonction du cas d'étude.

Sur l'exemple du fonctionnement général du géosystème présenté en introduction générale (fig. 4), les liaisons internes (verticales et horizontales) indiquent les transferts de matière et d'énergie (productions et stockages) au sein du géosystème et les liaisons externes, les transferts de matière et d'énergie avec sa périphérie proche (géosystème(s) de contact) et lointaine.

L'hydromasse ou la cryomasse, qu'elle soit marine, lacustre ou fluviale, constitue un réservoir hydrique ouvert en permanence et à partir duquel le géosystème s'alimente. C'est la raison pour laquelle elle n'est pas intégrée au géosystème mais lui est liée par sa présence partielle dans chacun des géohorizons et des géofaciès où elle circule suivant les liaisons internes. On devine alors son rôle essentiel et le poids des relations océans / atmosphère dans les fluctuations climatiques ainsi que celui des relations lithosphère / hydrosphère. Sur les deux figures, le cycle de l'eau prend ainsi la forme d'un triangle rectangle.

La structure verticale met en relief divers faciès (lithofaciès, pédofaciès, phytofaciès et climatofaciès) alignés sur les géohorizons qui eux-mêmes constituent des étages circonscrits de la lithosphère, de la pédosphère, de la phytosphère et de l'aérosphère et se subdivisent en horizons ou en strates. Chacun de ces faciès varie suivant la zone géographique, le domaine, la région, le géosystème et le géofaciès considéré est identifié par ses propres caractéristiques (sa composition, sa texture, sa structure et son énergie).

Sans être privilégiées les liaisons externes du géosystème sont fondamentales car elles imposent leur état au géofaciès et au géosystème qui s'adaptent en régulant vitesse et volume des flux de matière et d'énergie internes. L'équilibre est donc recherché en permanence. Mais à l'opposé, si une liaison interne ou la structure d'un élément au moins se modifie, les liaisons externes subissent ce changement.

La figure 19 représente l'application du modèle théorique général au géosystème littoral d'Essaouira et indique les deux géofaciès qui le composent : le géofaciès dunaire (gFd) et le géofaciès lagunaire (gFl).

Les facteurs climatiques liés la cellule anticyclonique subtropicale des Açores, au courant des Canaries et à l'upwelling apparaissent au premier plan (liaisons externes entre l'océan Atlantique, le climat méditerranéen à alizé dominant et les sables éoliens). En effet, le géofaciès dunaire présente un lithofaciès sableux soufflé par l'alizé pendant la période sèche et provenant en majeure partie du cordon littoral. Ce dernier a été mis en place par l'océan qui a remanié et déposé les sédiments sur les hauts de plage. Le rôle de l'hydromasse atlantique est donc prépondérant puisqu'on peut dire qu'elle a constitué le lithofaciès sableux directement dans un premier temps (transport marin et dépôt) et indirectement dans un second temps (transport éolien assuré par l'alizé entretenu par l'upwelling). Avec l'alizé, l'hydromasse atlantique est donc l'acteur principal qui oriente la structure horizontale du géofaciès dunaire.

Elle contrôle aussi la répartition spatiale du géofaciès lagunaire dans la mesure où ce dernier est fonction de l'espace occupé par le premier. De plus, elle alimente la salinité des bas-fonds provenant du biseau salé.

Par réaction en chaîne, les liaisons internes sont orientées en fonction des liaisons externes à partir des lithofaciès. Les pédofaciès meubles d'un côté et salin de l'autre sont couverts d'une phytomasse clairesemée, introduite (matorral arboré) et halophile (steppe crassulescente).

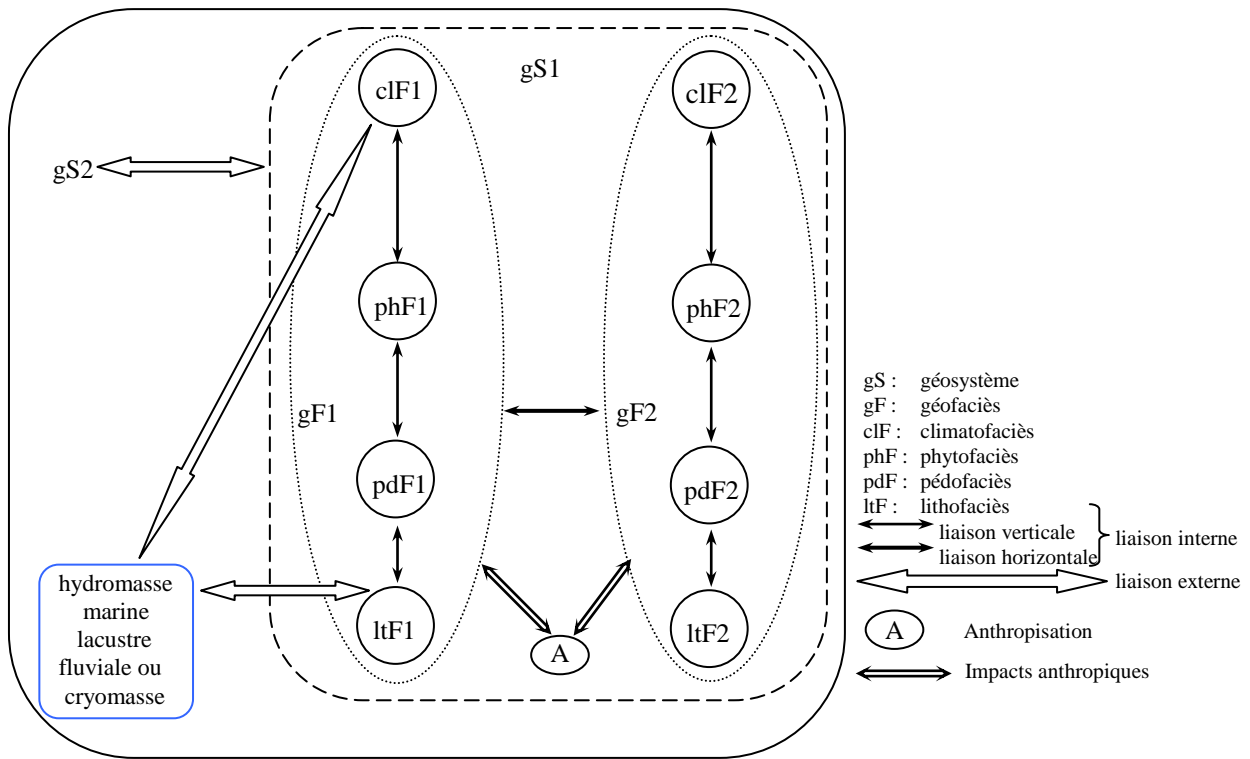


Fig. 18 : Modèle théorique du géosystème

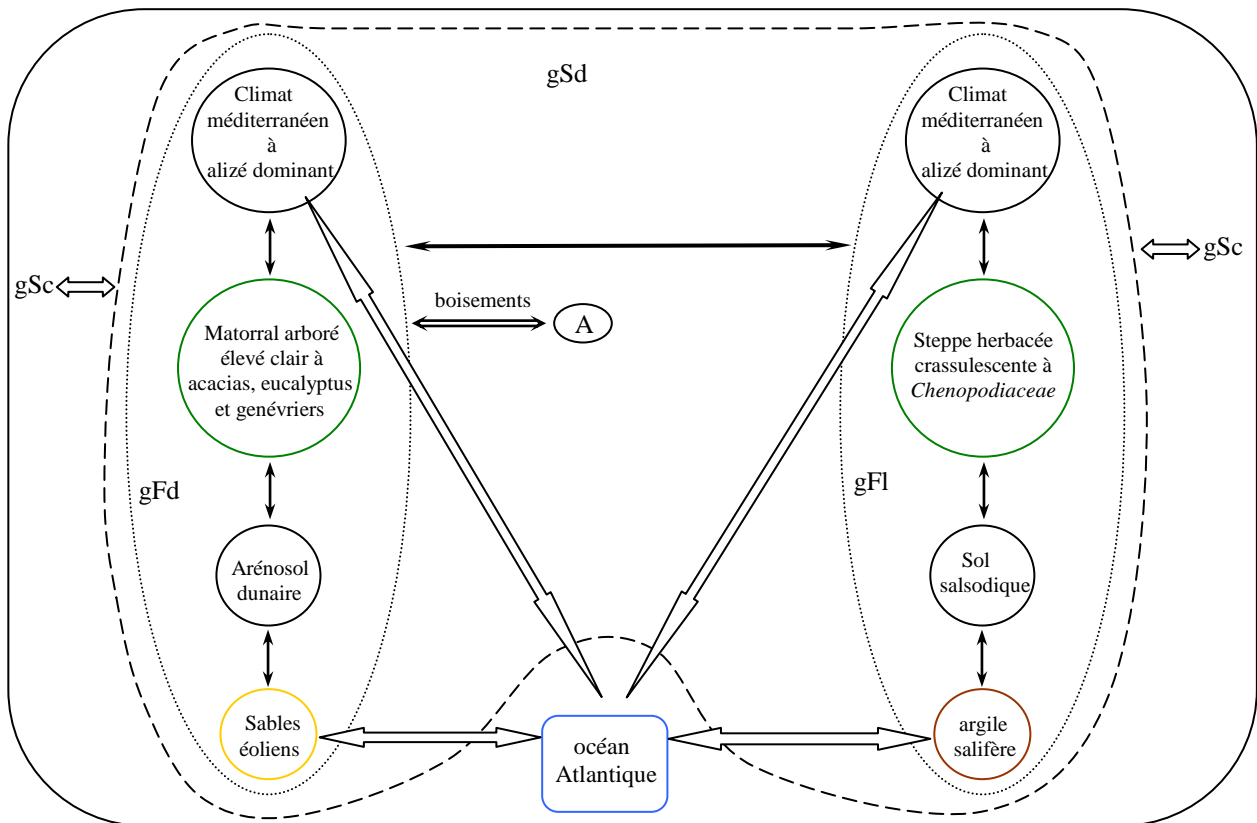


Fig. 19 : Application du modèle théorique au géosystème littoral d'Essaouira

(légende identique à celle de la figure 18, gSd : géosystème dunaire, gSc : géosystème de contact, gFd : géofaciès dunaire et gFl : géofaciès lagunaire)

Le géosystème dunaire enregistre de multiples ruptures d'équilibre dans ce contexte semi-aride tant sur les plans phytogéographique, pédologique que morphoclimatique. A quel(s) phénomène(s) précis correspondent ces ruptures d'équilibre ? Quelles sont les réactions du géosystème face à ces phénomènes ? Quelle en est l'orientation de sa structure et de sa dynamique ? Répondre à ces questions passe par la connaissance de sa formation.



*DEUXIÈME PARTIE :  
FORMATION ET DYNAMIQUE DU GÉOSYSTÈME*