

Séance du 21 mars 2011

## **Biodiversité: la Méditerranée, évolution de sa xénodiversité ichtyique, les poissons lessepsiens et herculéens.**

par Jean-Pierre QUIGNARD

---

### **MOTS-CLÉS**

Méditerranée - Biodiversité - Poissons exotiques - Immigration.

### **RÉSUMÉ**

La Méditerranée connaît depuis près d'un demi-siècle un bouleversement de sa biodiversité dû à l'ouverture de l'isthme de Suez, à la domestication des fleuves et au changement climatique mondial. La conjugaison de ces trois événements permet et/ou favorise l'immigration en provenance de l'Atlantique (immigrants herculéens) et de l'Indopacifique (immigrants lessepsiens) de nombreux végétaux et animaux. Dans ce travail ce sont les poissons qui sont pris en considération, poissons qui prennent possession de toute "notre mer" ce qui a des répercussions non négligeables sur la structure des peuplements, la socio-économie et la santé publique.

---

### **Introduction**

L'expansion d'espèces hors de leur "aire d'origine" n'est pas un phénomène nouveau, c'est même un phénomène inhérent à la dynamique de la biodiversité terrestre et aquatique depuis que la vie existe ! Mais ce phénomène a pris au cours des XIX<sup>e</sup>, XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècles un élan particulier, l'Homme ayant progressivement dominé les mers.

Cette hégémonie anthropique revêt divers aspects. Elle porte sur la géographie (ouvertures de canaux intramers, intermers et interocéaniques), les facteurs édaphiques (modification de la nature et de la structure des fonds : immersion de récifs artificiels, etc.), les facteurs physico-chimiques (la salinité suite à la "domestication" des fleuves, la courantologie au moins côtière suite à la construction de digues, caléfaction générale ou locale, etc.), l'augmentation de l'efficacité des transports maritimes (rapidité et diminution des distances à parcourir par effet canal), la biodiversité par transferts d'une mer à l'autre d'individus donc introductions volontaires mais aussi parfois involontaires, en certains lieux d'espèces étrangères...

La Méditerranée, est certainement la mer qui a été la plus affectée par l'emprise de l'Homme moderne car, seule mer qui puisse se glorifier d'être *maîtresse* de trois continents, elle est fondamentalement précaire et fragile. En effet, située dans

une zone où les activités sismiques et volcaniques sont intenses, elle est en relation avec les masses d'eau marine voisines par des passages aqueux très ténus. A l'ouest elle communique naturellement avec l'Atlantique par un détroit : Gibraltar, au nord-est avec la mer Noire par un couloir: le complexe "Dardanelles – Marmara – Bosphore". Toutes ces voies d'eau peu larges, peu profondes et assez longues, ne sont que de fragiles capillaires qui limitent les échanges hydrauliques, floristiques et faunistiques avec l'extérieur. Dans cet espace mi-clos, confiné on distingue, traditionnellement, trois sous-régions biogéographiques: un bassin occidental, l'Adriatique et un bassin oriental. Les deux bassins communiquent par le détroit de Messine et le canal de Sicile dit aussi "détroit século-tunisien". L'Adriatique s'ouvre sur le bassin oriental par le détroit d'Otrante. Ces détroits intra-méditerranéens à seuil sont des entraves aux échanges entre les sous - régions surtout qu'à leur niveau ou à proximité se trouvent des "fronts" hydrauliques, zones d'affrontement entre des eaux d'origines différentes donc de "qualités" différentes aux points de vue salinité, température, turbidité. Ces "fronts" sont des barrières, barrières limitant les déplacements des animaux en fonction de leur valence écologique. Depuis 1869 la géographie de la Méditerranée a été bouleversée, artificialisée au sud-est par l'ouverture du canal de Suez, fin et long chenal entre elle et la mer Rouge et intramuros un autre chenal, le canal de Corinthe (1893), a mis en relation directe la mer Egée et la mer Ionienne. Il faut souligner qu'aujourd'hui la Méditerranée riche d'au moins 18 000 métazoaires est, malgré l'ouverture du canal de Suez, encore dépendante hydrauliquement de l'Atlantique et qu'elle est au moins à 70 % "atlantique" en ce qui concerne sa flore et sa faune, son originalité "endémique" n'étant le fait que de 6 à 18% de ses espèces selon le groupe zoologique pris en considération.

Pour bien appréhender la Méditerranée il faut faire appel à son histoire. La Méditerranée est la "petite-fille" de la Téthys, mer entre deux terres, Gondwana et Eurasie, reliant ce qui deviendra d'un côté le monde atlantique et de l'autre le monde indopacifique. Il y a environ -18 à -20 millions d'années le déplacement des plaques continentales a provoqué vers l'est la collision entre l'Afrique et l'Eurasie ce qui rompu la relation de cette Téthys avec le monde indopacifique. La nouvelle mer qui venait de prendre naissance était, de ce fait, une annexe de la zone ouest océanique donc de l'Atlantique. Certains géographes parlent de "Paléoméditerranée". Il y a environ - 5,6 millions d'années des mouvements tectoniques ferment toute communication entre l'océan Atlantique et la Paléoméditerranée et, le climat aidant, cette mer s'assèche (du moins en grande partie et en plusieurs étapes), c'est la "crise méssinienne". Cette crise anéantit quasiment tous (peut-être !) les êtres vivants et de ce fait les espèces mésogéennes ayant des affinités avec les eaux "pacifiques" disparaissent. Après cet évènement, il y a environ - 5,33 millions d'années, l'Atlantique déverse à nouveau ses eaux, sa flore, sa faune dans ce bassin par une brèche qui prend forme entre l'Afrique et l'Europe autant par des mouvements tectoniques que par érosion, le climat participant également à la mise en place et au fonctionnement de ce nouveau détroit: Gibraltar. La remise en eau de cet espace donne naissance à une nouvelle Méditerranée, la *Méditerranée prélessepsienne*, annexe hydraulique, floristique et faunistique de l'Atlantique. Après et jusqu'à une date récente ce sont les aléas climatiques: alternance des grandes périodes glaciaires et interglaciaires qui vont moduler et modeler le paysage floristique et faunistique de cette "jeune" mer. En fonction de l'alternance "chaud" / "froid" la Méditerranée sera "envahie" tour à tour par des végétaux et animaux en provenance des régions atlantiques sub-boréales

et boréales et des régions sub-tropicales et tropicales. Etant restée une mer relativement “tempérée” quelles que soient les conditions climatiques, elle a permis à certaines espèces originaires de ces diverses régions de se maintenir jusqu’à nos jours en son sein avec quand même une dominante d’espèces provenant des régions “tempérées” de l’Atlantique. Au cours des grandes périodes climatiques que nous venons d’évoquer “rien n’est stable”. Ainsi durant l’interglaciaire actuel les climatologues reconnaissent du XI<sup>e</sup> au XIV<sup>e</sup> siècle une phase de réchauffement dite “*optimum climatique médiéval*” à laquelle succède d’environ 1 550-1 600 à 1 850 une phase relativement froide (en moyenne -2° C ?) dite “*petit âge glaciaire* ou “*oscillation de Fernau*”. Ces évènements sont à mettre en relation avec des différences de pression qui oscillent entre la zone froide de l’Islande et la zone subtropicale des Açores nommées “ONA” (oscillation nord atlantique). Ces oscillations règlent le régime des vents. Lorsque l’ONA<sup>-</sup> est négative c’est un régime de fraîcheur voire de froidure qui règne sur l’Europe (Petit âge glaciaire) et si l’ONA<sup>+</sup> est positive c’est un régime de chaleur et de sécheresse qui prédomine (optimum climatique chaud médiéval). Le réchauffement climatique actuel est lié, en partie, au fait que l’ONA est positive, sans oublier, évidemment, la partie engendrée par certains facteurs d’origine anthropique. Ces “inflexions climatiques”, parfois qualifiées de secondaires, ont des répercussions sur les courants, la température, la salinité ... et de ce fait sur la structuration de la biodiversité méditerranéenne en favorisant ou défavorisant plus ou moins momentanément l’occupation et le développement de certaines espèces dans certains secteurs et même sur la venue de nouvelles espèces via Gibraltar. Cette configuration géographique et climatique dans laquelle la Méditerranée voit sa biodiversité fluctuer et évoluer lentement au cours du temps, va être perturbée par une brusque artificialisation géo-géographique, d’origine anthropique des ses relations avec le monde océanique. Le 15 août 1869, l’isthme de Suez, verrou géologique saute, ou mieux, il est détruit par l’homme, par la volonté et l’opiniâtreté d’un homme: Ferdinand de Lesseps ! Le canal de Suez qui réunit dès lors, le monde atlanto-méditerranéen au monde indo-pacifique via la mer Rouge fait que la Méditerranée devient une “*Nouvelle Téthys*” (Por 2010). Immédiatement l’Indopacifique prend sa revanche sur l’Atlantique. Via le canal de Suez, des organismes indo-pacifiques exclus de la Méditerranée depuis environ -20 à -15 millions d’années l’envahissent (*immigrants lessepsiens*) ... mais dans le même temps on note une reprise de l’activité migratoire via le détroit de Gibraltar (*immigrants herculéens*) que l’on peut mettre en relation avec le changement climatique qui engendre des modifications hydroclimatiques (température, salinité) et hydrologique (renforcement du courant atlantoméditerranéen entrant). A cela s’ajoute la domestication des fleuves et parfois leur tarissement, le déficit en eau douce ainsi engendré participe, au moins localement, à la salinisation de la Méditerranée ce qui a des répercussions sur la distribution des végétaux et animaux exotiques et indigènes. Le cas le plus célèbre est celui du Nil qui ne déverse plus ses millions de mètres cubes d’eau douce au Levant depuis les années 1970 suite à la construction du barrage d’Assouan. Dans tous les cas, l’augmentation du trafic maritime, les transplantations floristiques et faunistiques intentionnelles ou accidentelles, la caléfaction, la salinisation des eaux et les micro, méso et macro- écomanipulations intraméditerranéennes (digues, épis, récifs artificiels, aquaculture marine) favorisent un certain bouleversement du “paysage” méditerranéen traditionnel !

## Bilan des évènements migratoires méditerranéens

En Méditerranée les mouvements immigratoires dominent nettement les mouvements émigratoires et ceci depuis l'ouverture de Gibraltar mais il ne faut pas oublier que cette mer a participé au peuplement de la mer Noire dès l'ouverture du Bosphore il y a environ -7 500 ans, flux qui s'est tari rapidement. Le "point chaud" immigratoire est très nettement Suez et par répercussion le Levant, Gibraltar n'a actuellement qu'un rôle secondaire et le Bosphore est pratiquement inactif dans ce domaine. Soulignons que les informations concernant les immigrants herculéens sont moins "fiables" que celles portant sur les lessepsiens, les relations entre Atlantique et Méditerranée datant, sans discontinuité, depuis environ -5,33 Ma ... la découverte d'une "nouvelle" espèce atlantique en Méditerranée peut être un "artefact" résultant d'une détermination erronée ou d'un échantillonnage défectueux et non d'une arrivée récente !

**Immigrants lessepsiens (1869-2010) :** environ 650 espèces dont: poissons osseux: 81/609 natifs, mollusques: 150/ 1800-2000 natifs, crustacés décapodes: 70/350 natifs, cnidaires: 25 ?/82 natifs, algues: 80 + 9 indopacifiques ou atlantiques/1200 natives, phanérogames: 1/4 natives.

**Immigrants herculéens (1869-2010) :** poissons osseux : 63/ 575 natifs, mollusques: 8 à 20/1800-2000 natifs, crustacés décapodes: 14 à 18/ 350 natifs, algues : 11 + 9 atlantiques ou indopacifiques/1200 natives.

## Succès colonisateur et impact des immigrants récents sur l'environnement méditerranéen

Mondialement, les arrivées et parfois les invasions d'espèces exotiques dans des régions géographiquement plus ou moins éloignées de leurs aires de distribution originelles ont considérablement augmenté durant environ un demi siècle, et avec elles, on a vu émerger une "biolittérature" fort discordante concernant leur impact à moyen et long terme sur les communautés et les écosystèmes indigènes dans lesquels elles réussissaient à "s'incruster". La majorité des données à notre disposition indiquent la quantité d'espèces nouvelles et une estimation du nombre et/ou de la masse des individus présents dans un site en fonction des débarquements des pêches ou des appréciations visuelles laconiques: abondant, rare, dispersé... . Par exemple Gücü et Bingal en 1994 rapportent que les poissons démersaux lessepsiens de la Baie de Marsin et du golfe d'Iskenderun (Turquie) représentent jusqu'à 70% de la biomasse des prises des chalutiers, Golani et Ben-Tuvia (1995) indiquent qu'environ 50% des prises des chalutiers israéliens sont constituées d'immigrants lessepsiens, 38% des débarquements des pêcheurs de l'île de Rhodes sont des lessepsiens. Certains auteurs admettent qu'il y a une relation directe entre ces pourcentages et l'impact possible sur les communautés autochtones. Pourtant en biocénose il est bien connu qu'une espèce aussi discrète soit-elle peut avoir une importance déterminante dans la biocénose. Pour appréhender le développement potentiel des populations des néocolonisateurs et leur impact éventuel sur leur milieu d'accueil méditerranéen, nous manquons, le plus souvent, de données sur leur écobiologie dans leur milieu d'origine et aussi d'informations en ce qui concerne leur biologie et leur écologie au sein de l'écosystème "*méditerranéen*" qu'ils viennent d'investir (Golani 2010). De plus, souvent nous n'avons pas plus de données écobiologiques pertinentes en ce qui concerne les espèces indigènes. De meilleures connaissances permettraient

d'apprécier, au moins à un moment donné, les causes de l'immigration, les relations interspécifiques potentielles ou réelles entre indigènes et exotiques donc de connaître les espèces susceptibles d'être compétitrices dans le cadre de leur nouvel habitat et par là d'envisager l'impact des nouveaux arrivants sur les populations autochtones. Il ne faut pas oublier que la compétition porte sur l'obtention et la pérennisation d'un "espace vital" minimum adéquat pour chaque individu ou pour son "groupe" (couple, banc, famille, harem etc.), l'accès à la ressource trophique adéquate (deux espèces ayant le même régime alimentaire ne sont pas forcément en compétition (à un instant donné, à un stade donné) si la ressource est surabondante (ce qui peut évoluer rapidement en fonction de la dynamique des populations) ou si celle-ci est exploitée dans des espaces géographiques ou bathymétriques différents et enfin pour et l'accès à une niche compatible avec l'acte reproducteur. La pression de prédation potentielle entre espèces exotiques et entre celles-ci et les espèces indigènes est aussi à prendre en compte. Dans ce domaine il ne faut pas sous estimer la "résistance" de l'environnement à l'invasion (Elton 1958, Garcia-Berthou 2010) et la "résilience" des individus et populations indigènes générées en réponse aux intrusions perturbatrices. Certains scientifiques modélisateurs (Belmaker *et al* 2009) cherchent à prévoir l'avenir de ce monde méditerranéen en pleine évolution mais leur ambition est loin d'être satisfaite car ils n'ont à leur disposition ni le "savoir" donc ni le "pouvoir" de débarrasser leurs modèles de toute(s) incertitude(s) ! Etant donné le déficit concernant nos connaissances, il faut avouer que la majorité des conclusions et affirmations, souvent péremptoires, avancées pour "prédire" l'arrivée, pour "expliquer" le succès ou l'échec des immigrants sont dans le meilleur des cas "spéculatives" ... il ne faut pas oublier que biologie et biodiversité ne sont pas simple affaire *de chiffre, de mathématique ! le pouvoir du nombre n'est pas absolu dans ces domaines.*

### **Quel est le profil d'un immigrant "parfait colonisateur" ?**

La question a souvent été posée (Garcia-Berthou 200, Hayes et Barry 2008) mais les réponses proposées sont toutes aussi insatisfaisantes les unes que les autres. Comme le soulignait Ehrlich (1989), un critère général (universel), valable pour tous les écosystèmes et tous les groupes taxonomiques n'existe pas. Tout d'abord, dans le milieu "naturel" pour qu'un être vivant devienne un émigrant puis un colonisateur il faut qu'il ait certaines prédispositions morpho-anatomiques et biologiques (bon nageur et/ou bon flotteur), qu'il présente une certaine plasticité adaptative (euryvalence) vis-à-vis des facteurs abiotiques (température, salinité, qualité des eaux et des fonds pour les espèces démersales etc.) et biotiques (adaptabilité trophique, résistance aux prédateurs, aux agents pathogènes etc.). Notons qu'en ce qui concerne les immigrants herculéens et lessepsiens ce sont théoriquement et parfois réellement, au moins en ce qui concerne les poissons, les espèces pélagiques, épipélagiques bonnes nageuses du type demi-bec *Hemiramphus far*, poisson volant *Parexocoetus mento*, barracuda *Sphyraena chrysoaenia*, *Seriola* sp. et nectobenthiques du type térapon *Terapon puta*, poisson flûte *Fistularia commersonii* qui devraient dominer mais cela ne semble pas être toujours le cas !. Les espèces territoriales souvent inféodées à un substrat particulier et aux capacités natatoires "réduites" du type "rascasse scorpion *Pterois miles*, labre- vieille *Centrolabrus exoletus*, gobies *Gobius* sp, blennies *Blennius* sp" sont rares. Deuxièmement, il faut que les espèces "candidates" à l'émigration aient la chance (ou la malchance) d'avoir à leur portée une "porte ouverte"

(canal, chenal), un courant de bonne vélocité ayant la bonne direction au bon moment et parfois pour certaines un “moyen de transport” (animaux migrateurs, matériaux flottants, dont les coques des navires, sur lesquels l’algue, la phanérogame ou l’animal, peut volontairement ou non s’agripper, se fixer) leur permettant de “sortir” de leur habitat originel au “bon moment”, au stade optimal de développement (œuf, larve, juvénile ou adulte, selon l’espèce) susceptible de favoriser leurs chances de survie durant la phase migratoire.

*Lorsque toutes ces conditions “intrinsèques et extrinsèques” sont réunies pourquoi et comment un individu devient-il un émigrant ?* Le plus souvent il est admis que la “pression sociale” (surpopulation) joue un rôle déterminant surtout si elle est couplée à une pénurie des ressources alimentaires ce qui induit chez les animaux un comportement erratique ayant pour but la recherche “instinctive” de nourriture. Ce comportement peut les amener à coloniser de nouveaux espaces. D’après certains auteurs ce serait le cas de plusieurs émigrants érythréens (lessepsiens), la richesse spécifique et surtout la densité de certaines populations de mer Rouge (donc la compétition qui en résulte) serait déterminante dans l’émigration en direction de la Méditerranée via le canal de Suez (6% des espèces de poissons de la mer Rouge ont à l’heure actuelle immigré en Méditerranée). Pour d’autres émigrants leur comportement naturellement “vagabond” serait seul en cause. Au cours de leurs pérégrinations initialement non “orientées” (erratismes) ces individus peuvent être piégés par un courant qui les entraîne inexorablement hors de leur écosystème originel (émigration plus ou moins passive selon leur aptitude natale pour les poissons adultes et leurs larves, toujours passive pour les œufs planctoniques). Ce scénario est certainement fréquent en ce qui concerne les émigrants herculéens qui, au niveau de Gibraltar peuvent être “happés” par le courant atlantique superficiel entrant en Méditerranée. D’autres situations, sans relation avec la courantologie, peuvent être envisagées comme la “rencontre” de certains gradients de température, salinité etc. attractifs qui orientent l’animal dans des directions privilégiées le conduisant activement hors de son aire de répartition “normale”. Dans tous les cas envisagés ce sont des modifications hydrologiques, hydroclimatiques, édaphiques, géographiques naturelles ou anthropiques (manipulations écologiques) récentes qui déterminent les mouvements d’émigration / immigration actuels.

*Une fois le mouvement “émigratoire” initié, un “bon émigrant” doit être capable de supporter l’obstacle temporel que peut-être la simple durée du trajet* (longévité du migrant ou durée du stade de développement favorable, fatigue) et de surmonter les embûches (changements hydro climatiques mortels, prédation, manque de nourriture etc.) qui peuvent jalonner leur trajet avant d’atteindre la Méditerranée. L’importance de ces *filtres* est bien connue. L’ouverture du canal de Suez en réduisant la longueur donc la durée des trajets des bateaux entre l’Indopacifique et Méditerranée a permis la survie de certaines espèces présentes dans les eaux de ballast ou fixées sur les coques (salissures) et de plus, ces dernières n’étant plus exposées aux mauvaises conditions hydroclimatiques d’Afrique du sud, elles ont pu atteindre dans de “bonnes conditions” la Méditerranée (c’est peut-être le cas du vers *Ficopomatus enigmaticus*). Mais le canal de Suez présentait jusqu’à une date récente (années 70-75), en plus de “l’effet canal” (étroitesse: 59-98 m en 1869 à 300-365 m en 2000, faible profondeur: 8 m en 1869 à 17,7 m en 2000 ) qui ne permet que le passage d’animaux de taille relativement modeste et vivant à de faibles profondeurs (épépélagiques, nectoniques ou démersaux côtiers) un système courantologique, alter-

nativement nord-sud/sud-nord en fonction des crues du Nil limitant les transports passifs de la mer Rouge vers la Méditerranée. De plus les immigrants devaient passer deux “verrous” celui des lacs Amers, poches d’eaux sursalées (S‰ = environ 70 ‰ en 1872, 47,5 ‰ en 1934 et seulement 40-45 ‰ à partir d’environ 1954) et au débouché du canal en Méditerranée le courant dessalé du Nil (salinité max. environ 20 ‰), deux chocs halins difficilement supportables même pour des immigrants euryhalins. Le passage du détroit de Gibraltar n’a jamais présenté de tels obstacles (profondeur environ 350 m et largeur environ 14 km courant permanent de l’Atlantique vers la Méditerranée et absence de fortes anomalies halines).

*Troisième phase dite “post-migratoire”*: l’installation en Méditerranée. A ce stade il faut, au nouvel arrivant, trouver assez rapidement un habitat compatible avec ses exigences au moins alimentaires et pour se pérenniser compatible avec ses contraintes reproductrices (qualité de l’eau: température, salinité, souvent nature du fond et présence d’au moins un partenaire adulte de la même espèce au moment de la saison de reproduction (évidemment exception faite dans les cas d’hybridation féconde (*Aphanius dispar* x *A. fasciatus*), de gynogenèse, d’hybridogenèse, d’hermaphrodisme avec autofécondation. Ces trois derniers cas n’ont pas été décelés dans la zone qui nous intéresse. Dans le domaine de la reproduction les espèces qui vivent et migrent en banc (*Shyraena chrysoteania*, *Hemiramphus far*, *Scomberomorus commerson* ...) sont potentiellement favorisées et de fait, généralement, elles prospèrent plus rapidement que les espèces solitaires surtout si elles sont territoriales. La présence de ces dernières est souvent signalée en Méditerranée par la capture d’un spécimen, présence ultérieurement (plusieurs décennies) non confirmée par de nouvelles prises montre bien que l’échec d’implantation par manque de partenaire sexuel est, peut-être, un facteur assez fréquent. Pourtant des “contre-exemples” existent, *Rastrelliger kanagurta* poisson pélagique se déplaçant en banc, détecté dès 1970 sur les côtes d’Israël, est toujours signalé comme très rare, le gobie de mer Rouge *Silhouette aegyptia* trouvé dans les années 79-80 sur la côte sud-est de la mer Lessepsienne est devenu localement rapidement (vers 1986) très commun surtout dans le lac sursalé de Bardawil (température et salinité très semblables à celles de la mer Rouge et peut-être absence de prédateur), le baliste à une épine *Stephanolepis diaspros*, connu en Palestine depuis 1927, considéré comme “territorial” (Golani 2010) et médiocre nageur, a fondé dans toute la Méditerranée orientale des colonies parfois très importantes (succès difficilement explicable: pas de prédateurs ?). L’activité sexuelle de ces poissons plus ou moins sédentaires n’a pas été affectée par un manque de partenaires donc l’émigration a été suffisamment intense et/ou soutenue dans le temps pour éviter une pénurie en partenaires. Notons que dans ce domaine les espèces longévives ont potentiellement plus de chance que les espèces annuelles de trouver, une année ou l’autre au cours de leur longue existence, un partenaire si le flux migratoire se maintient durant plusieurs années. En Méditerranée l’absence de récifs coralliens peut-être un handicap sérieux à l’installation de certains poissons comme le poisson demoiselle *Abdedefduf vaigiensis*, le poisson scorpion *Pterois miles* ... mais on ne dispose pas d’informations bien étayées concernant ce problème. En ce qui concerne le déficit en substrats favorables au développement de certaines espèces des “manipulations éco-édaphiques” ont pu faciliter leur développement. Ainsi le poisson soldat *Sargocentron rubrum*, arrivé sur les côtes d’Israël vers 1940 est resté rare jusqu’aux “années 80” et 10 ans plus tard il est devenu l’espèce la plus abondante sur les récifs artificiels alors immergés sur les côtes du Levant ! On peut,

peut-être, admettre que cette artificialisation du milieu a participé localement au développement numérique de l'espèce. Les facteurs température et lumière sont primordiaux dans la pérennisation des populations par voie sexuelle. Le cas de populations exotiques stériles ne se maintenant que par des réintroductions régulières n'a pas été signalé en Méditerranée. La majorité des espèces qui se sont maintenues ont trouvé une "fenêtre" thermique et d'intensité lumineuse permettant leur reproduction mais généralement celles-ci sont plus étroites que dans leur mer d'origine. Ainsi le rouget *Upeneus moluccensis* pond de (juin) juillet à septembre au Levant alors que dans la mer Rouge la reproduction s'étend de avril à décembre (Golani 1998), le poisson lapin *Siganus rivulatus* pond de juillet – août en Turquie (Yeldan et Avsar 2000) et pratiquement toute l'année en mer Rouge. Le facteur température est éminemment sujet à des fluctuations à long mais aussi très souvent à court terme. Ces dernières peuvent induire des succès ou des échecs reproductifs ponctuels ayant des répercussions sur plusieurs générations. Par exemples en temps normal, étant donné la date de ponte (Wirszubski 1953, Galil 2007) relativement tardive en Méditerranée orientale (juin –septembre) du rouget doré lessepsien *Upeneus moluccensis* (première capture en Méditerranée 1947), beaucoup de jeunes de l'année n'ont pas le temps d'atteindre une masse corporelle critique leur permettant de supporter les conditions hivernales (un grand et gros individu supporte mieux le froid qu'un petit) ce qui a réduit le succès de cette espèce. L'hiver doux de 1954-1955 (1 à 1,5°C de plus que la normale) en permettant une meilleure survie des jeunes de l'année à fait que *Upeneus moluccensis* espèce exotique à dominé sur les côtes d'Israël dès l'année 1955 aux dépens de l'espèce indigène *Mullus barbatus* et ceci durant plusieurs années (Gottlieb 1957, Oren 1957 a et b, Galil 2007). En effet sur les fonds jusqu'à -55 m, *U. moluccensis* représentait 87 à 50 % des rougets pêchés. Plus profondément vers -70 m il ne représentait plus que 20% et *Mullus barbatus* 80 % ce qui a été interprété comme un refoulement de l'espèce indigène en profondeur par l'espèce exotique devenue abondante. Il semble qu'actuellement un certain équilibre soit en voie d'être atteint. La réussite de l'installation d'un poisson peut être secondairement liée à des facteurs indépendants des conditions physiques du milieu. Ainsi le Carangidé *Alepes djidaba* lessepsien arrivé vers 1927 végétait dans les eaux du Levant, la venue dans ce secteur en 1977 (Galil 2000) de la méduse lessepsienne *Rhopilema nomadica* a permis la "reconstitution" en Méditerranée de l'association qui existait en mer Rouge entre celle-ci et les petits *A. djidaba*. L'effet protecteur de la méduse a favorisé le développement de la population méditerranéenne d'*A. djidaba* !

### **Extension des immigrants en Méditerranée**

Comme nous l'avons précédemment évoqué des fronts halins et thermiques méditerranéens peuvent limiter les possibilités de prospection des immigrants et donc les confiner dans certains secteurs le plus souvent proches de leur point d'arrivée en Méditerranée. Ainsi sur 81 poissons lessepsiens recensés en Méditerranée orientale environ 80 % sont encore cantonnés au Levant dans la mer Lessepsienne, rares sont ceux qui sont signalés dans la mer Ionienne et 7 seulement ont atteint ou dépassé vers l'ouest le détroit século-tunisien. En ce qui concerne les immigrants herculéens (Massuti *et al* 2010) sur 31 ou 32 atlantiques + 7 d'origines diverses recensés entre 1955 et 2007 (63 dont 50 benthiques et 13 pélagiques, entre 1810 et 2004 selon Ben



Rais Lasram *et al* 2008), 12 sont restés cantonnés dans la mer d'Alboran ou à proximité, 13 ont atteint ou dépassé vers l'est la Sicile (Massuti *et al* 2010) dont 5 ont été signalés au Levant. La célérité avec laquelle les immigrants occupent la Méditerranée est très variable d'une espèce à l'autre même si elles sont phylogénétiquement et écologiquement très proches. Ainsi *Stephanolepis diaspros* signalé sur les côtes d'Israël en 1927 atteint la Sicile en 1993 (66 ans), *Siganus luridus* décelé en 1955 sur les côtes d'Israël atteint le détroit século-tunisien en 1969 (14 ans) et Marseille en 2008 (Daniel *et al* 2009), *Fistularia commersoni* arrivé en 2000 sur les côtes d'Israël (Golani 2000) atteint la Sicile en 2003-2004 ( 3-4 ans), l'Espagne en 2007 (Sanchez-Tocino *et al* 2007) et la France en 2007 (Bodilis *et al* 2011). Certains immigrants herculéens "récents" se sont propagés assez rapidement: *Sphoeroides pachygaster* est aux Baléares en 1979, il atteint la Sicile en 1990 et Israël en 1991, il fait la conquête de toute la méditerranée en 10 ans (Quignard et Tomasini 2000), *Acanthurus monroviae* est à Gibraltar en 1987 et sur les côtes d'Israël en 1996 (9 ans), une capture intermédiaire en Algérie (Hemida *et al* 2004, Golani *et al* 2004). Pour être plus précis nous allons envisager le signalement des poissons exotiques en fonction des trois grands secteurs biogéographiques méditerranéens : bassin occidental, mer Adriatique et bassin oriental.

**Dans le bassin occidental** entre 1955 et 2010 ont recensé 32 poissons osseux immigrants herculéens et 10 lessepsiens, sur ces 42 espèces 27 ont pénétré dans ce secteur après 1980. Sur la côte méditerranéenne espagnole 21 herculéens ont été signalés mais un seul lessepsien y a été capturé (*Fistularia commersonii*). Dans le golfe du Lion 3 herculéens côtiers ont été pêchés: 1 spécimen de *Pisodonophis semisulcatus* en 1981 et 1 individu de poisson ballon (*Sphoeroides pachygaster*) en 1992, aucune autre capture n'a été signalée depuis ces deux dates. Par contre de très nombreux spécimens de *Solea senegalensis* ont été pêchés dans les lagunes languedociennes à partir des années 1980 (Quignard et Raibaut 1993). On signale plus au large la prise de la sole *Microchirus hexophthalmus* (1 spécimen) et de *Psenes pellucidus* sur la pente du plateau continental en 2000 (Golani *et al* 2002). Donc peu d'herculéens et aucun lessepsien n'ont pénétré dans le golfe du Lion qui est un des secteurs le plus froid de la Méditerranée, limité à l'ouest par les eaux douces de l'Ebre et à l'est par celles du Rhône, barrières qui semblent encore difficilement franchissables. En Provence Côte d'Azur ont été signalés 2 herculéen: la sole *Microchirus hexophthalmus* (1 spécimen Toulon en 2000) et *Beryx splendens* (1 spécimen à Nice, Gavagnin *et al* 1992), 2 lessepsiens: le poisson lapin *Siganus luridus* , 2 spécimens près de Marseille en 2008 (Israël 1964), (Daniel *et al* 2009) et le poisson flûte bleu *Fistularia commersonii* en 2007 sur la côte de l'île de Porquerolles (Bodilis *et al* 2011). En 2010 cette espèce est bien établie en Provence - Côte d'Azur et Corse (Bodilis *et al* 2011). Sur la côte ligure (golfe de Gênes, ) on note la présence de 3 herculéens (*Sphoeroides pachygaster*, *Beryx splendens* (3 spécimens) et *Pinguipes brasilianus* (2 spécimens) ce dernier ayant peut-être été "transporté" par bateau et de 3 indo-pacifiques qui appartiennent à d'autres genres que les lessepsiens présents sur les côtes françaises (*Abudefduf vaigiensis*, *Pomadasys stridens*, *Synagrops japonicus* tous auraient été introduits par des bateaux de commerce). Dans la mer Tyrrhénienne on note la présence de 2 espèces herculéennes: *Sphoeroides pachygaster*, et *Seriola fasciata*, dans les deux cas plusieurs spécimens ont été capturés et de 4 espèces lessepsiennes: *Siganus luridus*, *Fistularia commersonii* (dans les deux cas plusieurs spécimens ont été capturés). Dans

l'extrême sud tyrrhénéen on signale *Stephanolepis diaspros* et *Abudefduf vaigiensis*, ce dernier ayant probablement été introduit par un cargo ( Orsi-Relini, 2010). Sur les côtes sud du bassin occidental, en Tunisie du nord on signale 7 lessepsiens. Le premier fût *Siganus luridus*, golfe de Tunis en 1969, (Israël 1964). C'est à partir de 2000 que les autres atteignent la région nord dont *Stephanolepis diaspros*, (Bdioui et al 2004) lac de Bizerte en 2004 (Israël 1927), *Hemiramphus far*, Bizerte, Raraf 2004 (Palestine 1927), *Fistularia commersonii*, golfe de Tunis 2004 (Israël 2000). Les herculéens sont au nombre de 5 dont *Solea senegalensis* signalée dans le lac Ichkeul, Bizerte en 1973 et qui représente 25% des débarquements des soles pêchées dans cette lagune (Chouachi et Ben Hassine 1998) et le poisson chirurgical *Acanthurus monroviae* en 2010 (sud Espagne 1987), poisson tropical côtier remarquable (Ben Souissi et al 2011). En Algérie 9 espèces herculéennes ont été recensées dont 6 entre 1955 et 1963 période durant laquelle plusieurs expéditions scientifiques ont exploré ce secteur et 3 seulement après cette date dans le secteur ouest: le poisson chirurgical, *Acanthurus monroviae* en 2004 (sud Espagne 1987) et *Solea boscanion* en 2002 au niveau de la mer d'Alboran, entre Espagne et Algérie. La troisième espèce est *Solea senegalensis* signalée à Alger vers 1970 et sur la côte est à Annaba en 1998 (Chaoui et Kara 2004), (Catalogne 1920, Tunisie nord Bizerte 1973). En ce qui concerne les lessepsiens 2 espèces sont signalées: *Fistularia commersonii* en 2008 dans le secteur d'Alger (Israël 2000) (Kara et Oudjan 2009) et *Hemiramphosus far* 2 spécimens en 2010 à Collo, est algérien (Palestine 1927) (Kara et al sous-pressé en 2011). Ces espèces ne semblent pas encore bien établies sur ces côtes.

**Dans la mer Adriatique** les invasions sont récentes car, mis à par *Pampus argenteus* signalé en 1896 (1 spécimen nord Adriatique, à Rijeka Croatie) et *Hemiramphus far* capturé en 1986 sur les côtes albanaises (1 spécimen) tous les autres néocolonisateurs ont pénétré dans cette mer après 1990. Actuellement 12 immigrants lessepsiens y ont été signalés (Drajicevic et Dulcic 2010, Oral 2010). Comme pour le golfe du Lion et le nord de la mer Egée, secteurs relativement froids et sous l'influence d'arrivées d'eau douce, peu de poissons lessepsiens ont été signalés dans le nord de l'Adriatique ce sont: *Pampus argenteus* en 1896 Rijeka en Croatie (lessepsien ?), *Epinephelus coioides* en 1998 golfe de Trieste Italie (Israël 1969) et *Therapon theraps* en 2007 Piran Bay en Slovénie. Les 8 autres espèces ont été capturées au sud. Sept espèces entre l'île de Mljet, proche de Dubrovnik Croatie, *Leiognathus klunzingeri*, 2000 (Syrie 1931) et le sud de l'Albanie, *Saurida undosquamis*, 1995 (Israël 1953). Une espèce est signalée très au sud ouest à Tricase Porto, Italie en 2006: *Fistularia commersonii* (Israël 2000). Dans tous les cas jusqu'à présent un seul exemplaire de ces poissons a été capturé dans l'Adriatique excepté en ce qui concerne *Siganus rivulatus* (2 spécimens sur la côte de l'île de Bobara Croatie en 2000) et *Fistularia commersonii* (1 spécimen à Tricase Porto et 1 à Sveti Andrija en 2006) (Dragicevic et Dulcic 2010). La dynamique de pénétration de ces lessepsiens en Adriatique est à mettre en relation avec les modifications récentes, que nous avons évoquées précédemment, au niveau de la circulation des masses d'eau entre cette mer et la Méditerranée centrale. Les herculéens seraient peu nombreux: 5 dont *Sphoeroides pachygaster*, *Shyraena viridis*, *Gobius couchi*, *Entelurus aequoreus* ? et *Cyclopterus lupus* ? Notons qu'une espèce, *Pagrus major*, se serait évadée d'une ferme aquacole (Dulcic et Kraljevic 2007).

**Dans le bassin oriental** ont estimé à environ 93 le nombre de poissons osseux exotiques, 81 ou 82 lessepsiens (Edelist *et al* 2011), 10 herculéens (seulement 5 au Levant dans la mer Lessepsienne), 2 pontiques. Si bon nombre de lessepsiens se sont bien établis, au moins au Levant, et ont prospéré au point de jouer un rôle important dans l'industrie des pêches et d'avoir maintenant pour quelques uns d'entre eux, au moins localement, le statut d'espèces "invasives", les espèces herculéennes sont restées très discrètes au niveau populationnel même si elles ont une répartition géographique relativement vaste dans ce bassin et y sont considérées comme "communes".

*Côtes est, nord et nord-est du bassin oriental.* En Grèce (mer Egée et Ionienne) 156 macro- espèces exotiques (flore, faune : macro-algues 16, zoobenthos 63, poissons 32) ont été reconnues, (60% proviennent de Suez, 5 % de Gibraltar et 25% des eaux de ballast des bateaux (Zenetos *et al* 2005,2008, 2009, Corsini-Foka 2010). Notons que le rôle du canal de Corinthe ne semble pas avoir été envisagé dans les échanges faunistiques entre la mer Egée et la mer Ionienne. Dans la mer Egée 31 espèces de poissons osseux exotiques ont été recensées en 2010 dont environ 50% sont arrivées depuis l'an 2000. A Rhodes ces poissons représentent 43% des individus et 38% de la masse des prises dont 28% sont des Tétraodontidés ! (profondeur 8-40 m, novembre 2007). La majorité de ces espèces est cantonnée dans les parties sud (29), Rhodes (24) et centrale (15) de la mer Egée. La zone nord plus fraîche et sous l'influence des eaux dessalée de la mer Noire s'est enrichie de seulement 3 espèces dont 2 ne font que des incursions en été (*Fistularia commersonii* et *Lagocephalus sceleratus*). Le muge *Liza haematocheilus* échappé des fermes aquacoles de la mer d'Azov et de la mer Noire y est signalé en 1998 mais serait encore rare. Dans le centre et le sud de cette mer Corsini-Foka en 2010 recense 3 poissons herculéens dont le poisson ballon *Sphoeroides pachygaster* (Baléares 1981, Egée 1994), présent et relativement abondant sur toutes les côtes (Streftaris et Zenetos 2006). Les deux autres espèces, le murénidé *Enchelycore anatina* (Israël 1984, Fethiye Bay Turquie 1998, île Elafoissos Grèce 2002, Antalya Turquie 2002, sud Egée 2004) (Biceneloglu 2010) et le carangidé *Seriola fasciata* (Baléares 1993, Rhodes 2006) n'ont été capturés qu'une seule fois et en 1 exemplaire. La conquête par les lessepsiens du centre et du sud de la mer Egée a été dans l'ensemble assez tardive malgré la proximité de Suez, souvent environ 10 ans après leur arrivée en Méditerranée. Parmi les 29 espèces lessepsiennes bien implantées dans le sud égéen certaines font l'objet d'une exploitation par pêche dont: *Siganus rivulatus* (Siganidé, Israël 1927, Egée 1934), *S. luridus* (Israël 1964, Egée 1968) *Sphyraena chrysotaenia* (Sphyraenidé, Palestine 1931, Egée vers 1966), *Etrumeus teres* (Clupéidé, Israël 1963, Egée vers 2000)- D'autres espèces non commercialisées sont accessoirement pêchées en relative abondance: *Lagocephalus sceleratus* (Gokova Turquie 2004, Rhodes 2006) *L. suzeensis* (Liban 1977, Egée Rhodes 2005), *Fistularia commersonii* (Israël 2000, Egée Rhodes 2002). .

Sur les côtes de Turquie en 2010, Bilecenoglu indique la présence de 49 espèces de poissons exotiques dont, sur 39 établies (naturalisées), 19 ont un intérêt pour la pêche. Sur les côtes égéennes de Turquie on retrouve les mêmes espèces exotiques que sur les côtes grecques. La côte levantine turque est plus riche en espèces exotiques et leurs populations y sont plus prospères que sur les côtes grecques. Quelques espèces sont remarquables comme le poisson lézard *Saurida undosquamis* signalé en 1953 sur les côtes d'Israël et en 1955-1956 en Turquie où

il devient rapidement abondant mais il connaît, environ 30 ans après, une certaine régression puisque si en 1984 on pouvait encore espérer un rendement de 16 kg par heure de pêche (CPUE) en 2002-2003 cette CPUE n'était plus que de 4 kg (surpêche !). *Lagocephalus sceleratus*, poisson toxique rare en 2004 devient abondant sur la côte est levantine dès 2006 (Bilecenoglu *et al* 2006) puis dans toute la méditerranée est.. Notons que les espèces conspécifiques de ce genre *L. spadiceus* et *L. suzezensis* sont aussi très communes. Les Siganidés, *Siganus rivulatus* et *S. luridus* sont, comme dans toute la région, abondants. En ce qui concerne les espèces herculéennes on retrouve le tétraodontidé *Sphoeroides pachygaster* (Baléares 1981, Turquie vers 1994) mais il serait relativement rare. La présence du syngnathidé *Syngathus rostellatus*, arrivé dans la mer d'Alboran (Espagne) en 1981 et signalé en 2004 dans la baie d'Antalya (Gokoglu *et al* 2004), est douteuse (erreur de détermination selon Bilecenoglu 2010). Il en serait de même pour *Solea senegalensis*.

La côte Syrie, Liban, Israël, Palestine a été, certainement avec la côte égyptienne, la première concernée et actuellement la plus riche (nombre et masse) en immigrants lessepsiens. Ceci s'explique facilement par la proximité du débouché du canal de Suez, la direction ouest-est du "courant atlantique" et la présence du courant nilotique peu salé ayant la même direction qui, conjointement, canalisent les immigrants en direction de l'est en formant une barrière couranto-hydroclimatique limitant et même empêchant ceux-ci de se diriger, jusqu'à une période récente, vers l'ouest en direction des côtes de Libye, Tunisie... Comme nous l'avons déjà évoqué l'obstacle "salinité" est atténué par la construction du barrage d'Assouan mis en service au début des années 1970. Le nombre d'espèces lessepsiennes observées au moins une fois peut être évalué en août 2011 à 81 ou 83 !. En ce qui concerne les immigrants herculéens on retrouve comme dans toute la Méditerranée le tétraodontidé *Sphoeroides pachygaster* (Baléares 1981, Israël 1996), l'acanthuridé *Acanthurus monroviae* (Alboran Espagne 1987, Israël 1996, 1 exemplaire).

Sur les côtes sud et ouest de la Méditerranée orientale il y aurait en Egypte 32 espèces de poissons osseux lessepsiens (El-Sayed 1992, 1994), en Libye 16 ou 20 (Ben-Abdallah *et al* 2003, 2004, Golani 2010) dont 37 % ont une valeur commerciale, *Siganus* spp étant dominant (Shakman et Kinzelbach 2007). En Tunisie dans le golfe de Gabès 11 espèces lessepsiennes (3 au début des années 1970 d'après Quignard 1978 c) dont 4 au moins sont considérées comme "communes" (Bradai *et al* 2004, Charfi-Cheikrouha 2004, Ben Souissi *et al* 2004): *Stephanolepis diaspros*, Gabès 1965-66 (*Palestine* 1927), *Siganus luridus*, Sfax 1974 (*Israël* 1964), *Sphyræna chrysotaenia*, Gabès 2002, (*Palestine* 1931), *Fistularia commersonii*, Gabès 2002, (*Israël* 2000). Notons l'arrivée en 2010 du tétraodontidé *Lagocephalus sceleratus* (Jribi et Bradai soumis à *Aquatic Invasions*, 2011) poisson redouté car "toxique" et celle "tardive" du petit Athérinidé *Atherinomorus forsskali* (= *A. lacunosus*) au sud du golfe de Gabès dans le lac El-Biban en 2005 (Ben Souissi *et al* 2006) alors que c'est le premier poisson lesspsien détecté en Méditerranée en 1902 sur les côtes d'Egypte. En ce qui concerne les poissons herculéens 5 sont signalés *Sphoeroides pachygaster*, Gabès 1993 (*Baléares* 1981), bien installé, *Seriola fasciata*, Gabès 1996, (*Baléares* 1993), *Posidonophis semicinctus*, Gabès 1998 (*Algérie* 1958), *Cheilopogon furcatus*, Zarzis 2004, *Solea senegalensis*, (*Baléares* 1920), ces quatre derniers poissons sont rares. Sur les côtes du secteur "central" de la Tunisie sur les 6 ou 8 lessepsiens signalés 4 sont remarquables: *Priacanthus hamrur*, Madhia 1980, (1 spécimen), *Hemiramphus far*, Madhia El Haouaria 2003, (*Palestine* 1927), *Saurida undosquamis*,

2004 (Israël 2000) et *Scomberomorus commerson*, Kelibia 2004 (Palestine 1935) ces deux derniers poissons seraient communs dans ce secteur. Un seul herculéen signalé, *Solea senegalensis* à Hammamet en 1998, (Calalogne 1920). En ce qui concerne les côtes nord de la Tunisie voir “bassin occidental”.

### **Les dynamiques démographiques des espèces exotiques et leur impact sur les populations, peuplements et paysages originels**

Un fait important est à souligner, la dynamique immigratoire tend à s'accroître au fil des ans: le premier poisson lessepsien (*Athrinomorus flossali*) est signalé en 1902. Entre cette date et 1975 on dénombre en moyenne: 0,2 poisson immigrant/an<sup>-1</sup>, entre 1975 et 1995 : 1,5/an<sup>-1</sup> et entre 2000 et 2010 : 2,5/an<sup>-1</sup>. Au niveau des premiers points d'ancrage le développement des populations est quasiment toujours précédé d'un temps de latence de plusieurs années: temps d'adaptation aux nouvelles contraintes, de “calage” de l'horloge biologique sur les nouveaux rythmes naturels, temps d'attente nécessaire à l'arrivée de partenaires sexuels et souvent temps pour que se constitue une densité numérique minimum d'individus de la même espèce (nouveaux immigrants, nouveaux nés) pour optimiser la recherche de nourriture, la défense anti-prédateurs, la possibilité de choisir un partenaire de qualité en vue de s'accoupler et, comme nous l'avons vu précédemment, d'avoir une fenêtre climatique favorable pour pondre et permettre un bon développement des œufs, larves etc. jusqu'au stade adulte. Mais, si toutes les conditions sont réunies, l'explosion démographique qui peut en résulter n'est pas forcément pérenne globalement ou localement. Plusieurs facteurs et/ou évènements peuvent intervenir pour en limiter le développement et même l'éliminer. Une explosion démographique est forcément un élément perturbateur qui induit une réponse, une certaine “résistance” de l'écosystème, ou simplement des individus indigènes ou exotiques écobiologiquement proches les uns des autres. Les résultats de la “résilience” du système originel pour recouvrer “son ou un” équilibre ne sont parfois tangibles qu'à long terme.

Jusqu'à présent les poissons osseux herculéens n'ont pas développé dans la Méditerranée occidentale des populations présentant un caractère “invasif” donc perturbateur. Les espèces exotiques ayant potentiellement un intérêt commercial ne dominant pas et ne sont exploitées qu'occasionnellement. C'est le cas sur les côtes espagnoles du sar *Diplodus bellottii*, du pageot *Pagellus bellottii* dans la mer d'Alboran et de *Gymnammodytes semisquamosus* en Catalogne (Massuti *et al* 2010). Il en est de même pour la sériole *Seriola carpenteri* dans le canal de Sicile (Massuti *et al* 2010, Orsi Relini 2010). La sole sénégalaïse *Solea senegalensis* dans le golfe du Lion a une dynamique populationnelle plus performante. Elle pourrait entrer en compétition spatiale et trophique avec la sole “commune” *Solea solea* et de plus en Tunisie la compétition devient “génétique” avec la sole égyptienne *S. aegyptiaca*, l'hybridation entre ces deux espèces n'étant pas rare dans ce secteur (She *et al* 1987, Ouanes *et al* 2011). *Sphoeroides pachygater* à partir du canal de Sicile est relativement abondant, par exemple entre 1990-1994 plus de 403 spécimens ont été chalutés dans ce secteur (Ragonese *et al* 1997). Dans ce même secteur méditerranéen les quelques espèces lessepsiennes qui ont franchi le détroit século-tunisien ne peuvent pas être “encore” considérées comme “invasives”. Le plus souvent leur

présence ne s'est manifestée que par la capture d'un ou deux spécimens sauf en ce qui concerne *Fistularia commersoni* dans la mer Tyrrhénienne et en Provence (Bodilis *et al* 2011) où de petites populations ont été détectées.

Dans la Méditerranée orientale l'impact des poissons lessepsiens est plus important en ce qui concerne la biodiversité et ses dérivés que sont les structures des peuplements donc les paysages et les structures des réseaux trophiques donc les échanges énergétiques. Au niveau du Levant les 81 espèces de poissons osseux lessepsiens représentent 18,5 % de la faune ichthyique en 2011. Comme nous l'avons déjà évoqué, ces nouveaux arrivants ont parfois délocalisé certaines espèces autochtones. Ainsi le rouget de la mer Rouge *Upeneus moluccensis* et le poisson lézard *Saurida undosquamis* auraient refoulé en profondeur l'un le rouget *Mullus barbatus* et l'autre le merlu *Merluccius merluccius*. Cette modification bathymétrique de la répartition de ces espèces indigènes est d'après Golani (2010) contestable étant donné le manque de données concernant ces populations avant l'arrivée des espèces lessepsiennes. Les milliers de poissons lapins *Siganus rivulatus* et *S. luridus* qui broutent les algues et les phanérogames engendrent une accélération du cycle de la matière organique/matière minérale (Galil 2007, Occipinti-Ambrogi *et Galil* 2010) en éliminant l'utilisation des végétaux morts par les détritivores (shuntage). Les fèces rejetées par ces poissons herbivores présentent des éléments directement utilisables pour la production primaire ou bien sont l'objet d'une dégradation et donc d'une reminéralisation rapide par les bactéries du milieu marin. De plus le paysage change d'aspect car, sur les rochers dénudés par l'intense broutage, des mollusques filtreurs viennent s'installer d'où une modification supplémentaire au niveau des cycles énergétiques locaux. Enfin d'après Bariche *et al* (2004) la pression de prédation des poissons lapins (*Siganus* sp) est telle que la saupe, *Sarpa salpa*, poisson herbivore indigène est devenue très rare (donnée contestée par Golani 2010), tout comme le maigre *Argyrosomus regius* qui aurait été éliminé par le maquereau indien *Scomberomorus commerson* (Golani 1998).

Au point de vue génétique il a été mis en évidence que, localement, des croisements entre espèces indigènes et exotiques lessepsiennes étaient possibles. C'est le cas sur les côtes de Tunisie (She *et al* 1987, Ouanes *et al* 2011) où *Solea senegalensis* exotique et *S. aegyptiaca* indigène s'hybrident. Au Levant les croisements entre *Aphanius fasciatus* espèce indigène et *A. dispar* espèce (peut-être) exotique ont eu pour conséquence la perte dans son "intégrité" du génome indigène "*fasciatus*", les hybrides étant féconds ... (Goren et Galil 2005, Galil 2007). L'hybridation pose des problèmes en ce qui concerne le rôle (impact) qu'elle joue dans les invasions biologiques (Fitzpatrick *et al* 2011, Luquet *et al* 2011).

## **Impact des espèces exotiques sur les activités humaines et l'homme**

Les quatre secteurs pouvant subir des gênes ou des nuisances sont la pêche, l'aquaculture (pisciculture, conchyliculture), le tourisme, la santé.

### **L'impact sur la pêche peut revêtir plusieurs aspects**

Rappelons l'estimation de Goren et Galil (2005): les poissons lessepsiens constituent 50 à 90 % de la biomasse ichthyique des eaux côtières du Levant. La compétition entre espèces exotiques et indigènes, ayant de fortes affinités écobiolo-

giques, peut engendrer un affaiblissement des stocks de ces dernières qui seraient même parfois remplacées par des espèces exotiques. Ce serait le cas dans la mer Lessepsienne (Levant) de la population du “maigre” *Argyrosomus regius* sur les côtes israéliennes (Golani 1998) qui aurait quasiment disparu vers 1980 suite à l’arrivée en Palestine du “maquereau indien” *Scomberomorus commerson* vers 1935 (compétition trophique ?). Il en serait de même pour la “saupe” *Sarpa salpa* poisson indigène (Bariche *et al* 2004, Golani 2010) qui a pâti de l’agressivité et de la voracité des “hordes” (bandes de plus de 500 individus selon Bilecenoglu, 2010) de “poissons lapins” lessepsiens *Siganus rivulatus* (présent dès 1927 en Palestine) et *S. luridus*, (signalé en Israël en 1964) tous deux herbivores comme la saupe (compétition trophique ?). L’explosion démographique d’une population exotique peut provoquer un déplacement, le plus souvent bathymétrique (enfouissement), d’une population indigène sans en affecter, dans un premier temps, la démographie mais ce simple déplacement, déjà évoqué dans le cas du rouget *Mullus barbatus*, a des répercussions sur le prix de revient de l’exploitation du stock.

Dans tous les cas ces espèces exotiques ont un impact sur les écosystèmes qui se répercute sur les activités *socio-économique* car, quoique commercialisables, elles sont peu prisées des consommateurs (qualités organoleptiques médiocres ? ou simple méfiance et manque d’habitudes) et ont de ce fait une valeur marchande inférieure à celle des espèces autochtones. Les quantités débarquées d’espèces exotiques sont parfois considérables. Sur les côtes d’Israël au moins 50% des poissons chalutés sont des lessepsiens (Golani et Ben Tuvia 1995) et dans le golfe d’Iskenderun (Turquie) cette proportion s’élève à 62 % (Gügu et Bingel 1994). La prolifération des espèces exotiques sans intérêt économique peut limiter l’accès aux ressources halieutiques commercialisables. En effet, la capture en nombre de certains poissons exotiques perturbe la pêche en Méditerranée orientale par colmatage rapide des filets qui cessent d’être opérationnels. De plus leur rejet en mer est une perte de temps économiquement non négligeable. Ainsi l’explosion démographique du poisson ballon herculéen (Tétraodontidé) *Sphoeroides pachygaster* (Streftaris et Zenetos 2006, Golani *et al* 2002) affecte l’économie des pêches dans ce secteur. *Lagocephalus sceleratus* (Tétraodontidé) en plus de la “gêne” induite par sa prolifération, ce lessepsien provoque des dégâts aux palangres en mangeant les appâts, les prises et en coupant les bas de ligne d’où pertes d’hameçons !

De telles situations n’ont pas été décrites, en ce qui concerne les poissons, dans le bassin occidental. Pourtant une sole herculéenne côtière *Solea senegalensis* devient depuis les années 80-90 de plus en plus présente et même assez abondante dans certaines lagunes (lagunes du golfe du Lion (France), de Bizerte (Tunisie) où elle cohabite temporairement avec la sole indigène *Solea solea*. Ces deux espèces de soles sont des poissons laguno-marins migrants qui occupent les lagunes essentiellement durant le printemps et l’été, d’où une possible compétition spatio-trophique entre elles.

Enfin il ne faut pas oublier l’effet “parasitose” (Trilles et Bariche 2006, Diamant 2010). Les immigrants peuvent apporter avec eux “leurs parasites” (Ktari et Ktari 1974) et les transmettre éventuellement à des espèces affines indigènes mais ils peuvent aussi se “défauner”, perdre certains de leurs parasites au cours de leur migration ou dans le nouveau milieu qu’ils colonisent mais ils sont aussi susceptibles d’acquérir de nouveaux parasites. Les poissons lapins Siganiés présentent ces deux

cas de figures perte et acquisition de parasites (Diamant *et al* 1999). L'impact sur les populations est actuellement inconnu ! Rappelons ici le cas le plus "célèbre" de transfert d'un parasite, celui du nématode *Anguillicola* de l'anguille japonaise *Anguilla japonica* à l'anguille européenne *A. anguilla*. Ce parasite hématophage participe au déclin des populations européennes suite à l'affaiblissement des individus infestés qui seraient alors incapables de traverser l'Atlantique pour se rendre sur leur lieu de ponte, la mer des Sargasses.

### Le tourisme

Les nouveaux poissons ont peu ou pas d'impact négatif sur le touriste et le tourisme et font même le bonheur des plongeurs photographes, sauf cas exceptionnels d'intoxication ou de piqûres (voir "la santé").

### La santé

L'arrivée en Méditerranée de cinq représentants de la famille des Tetraodontidés (poissons balons) peut-être considérée comme présentant une menace pour la santé d'éventuels consommateurs. En effet certains tissus (viscères dont les gonades durant la période de reproduction) contiennent une toxine la "tétrodotoxine" (TTX) qui a été "popularisée" par la consommation au Japon de "fugu" mal préparé. *Lagocephalus sceleratus* présent au Levant depuis environ 2003, actuellement abondant dans tout ce secteur et dans le sud de la mer Egée, vient d'atteindre le golfe de Gabès (Tunisie). Parfois vendu sur les marchés, il a été reconnu, selon Golani *et al* (2006), responsable de deux cas d'empoisonnement (Israël et Liban) aussi a-t-il été interdit de vente en Turquie (Bilecenoglu *et al* 2006). Notons qu'un Tétraodontidé herculéen *Sphoeroides pachygaster* potentiellement toxique présent en Méditerranée a été signalé sur nos côtes (golfe du Lion) en 1992 (Quignard et Raibaut 1993) où, jusqu'à présent, il ne s'est pas révélé envahissant. D'autres poissons exotiques, comme les Siganidés (poissons lapins) actuellement communs en Méditerranée orientale et dont une espèce (*Siganus luridus*) est signalée sur les côtes françaises (Marseille), étant herbivores peuvent consommer des caulerpes (*Caulerpa taxifolia*, , *C. racemosa* espèces exotiques et *C. prolifera* indigène) algues qui contiennent des alcaloïdes toxiques: caulerpine, caulerpényne (Amade et Lemée 1998). Ces toxines peuvent être stockées dans leurs tissus, essentiellement les tissus adipeux, de ce fait les poissons lapins peuvent devenir dangereux pour les personnes qui en consomment. De plus ces Siganidés sont venimeux, les épines de leurs nageoires étant associées à des glandes à venin mais leurs piqûres quoique douloureuses ne sont pas dangereuses. Par contre les piqûres que peut infliger un nouveau venu *Plotosus lineatus* (Plotosidé, poisson-chat à queue d'anguille) qui possède aussi des glandes à venin associées aux épines des nageoires dorsale et pectorales sont redoutables, plusieurs cas de piqûres ayant nécessité une hospitalisation ont été signalés en Israël (Golani *et al* 2006). La sérieole *Seriola fasciata* (Carangidé) immigrant herculéen (arrivée datant de 1993) a été mise en cause dans des cas de ciguatera (Streftaris et Zenetos 2006). Il est important de signaler la capture d'un spécimen de "poisson-pierre" (stonefish) *Synanceia verrucosa* sur les côtes d'Israël en 2010 (Edelist *et al*, 2011). Ce très dangereux poisson, provenant de l'Indo-pacifique, après avoir été mesuré (30cm) et photographié, été remis à l'eau !



## Conclusion

D'innombrables invasions biologiques ont eu lieu au cours de l'histoire de notre planète. A ce point de vue la Méditerranée affichait un certain calme après la dernière glaciation. Mais depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle on a vu la Méditerranée être envahie progressivement d'espèces allochtones venues par "leurs propres moyens" en empruntant des passages naturels: Gibraltar, Bosphore et un artificiel: le canal de Suez. Certaines espèces ont été "déplacées" volontairement par l'homme ou involontairement (passagers clandestins dans les eaux de ballast, fixées sur les coques des navires) mais aussi en tant qu'*accompagnatrices* (commensaux, parasites etc.) d'espèces volontairement transplantées par l'homme. Les animaux migrants ont joué aussi un rôle non négligeable dans ce domaine en transportant (phorésie) ou en acceptant d'être suivis d'espèces libres dites *accompagnatrices*. Enfin d'autres peuvent avoir été involontairement "piégées" par les courants entrant en Méditerranée. En ce qui concerne les poissons marins osseux (les poissons cartilagineux ne sont pas pris en compte) l'arrivée d'espèces exotiques est un fait relativement récent comparé à ce qui s'est passé pour les poissons d'eaux douces. Contrairement à d'autres envahisseurs comme les algues et beaucoup d'invertébrés leur venue en Méditerranée s'est faite, sauf rares exceptions, librement via Gibraltar, le Bosphore et Suez. Actuellement on a recensé entre 1869 et 2010 environ 119 espèces de poissons exotiques en Méditerranée (soit 19% des espèces de poissons osseux la peuplant). Même si l'Atlantique via Gibraltar "participe" à cet enrichissement (environ 38 espèces), la mer Rouge fournit par l'entremise du canal de Suez la majorité de ces immigrants (81 immigrants). De ce fait le Levant méditerranéen est le secteur le plus "impacté" par l'arrivée de poissons osseux exotiques qui sont en très grande majorité d'origine érythro-indopacifiques (environ 18,5% des poissons du Levant sont des lessepsiens). Depuis la fin du XX<sup>e</sup> siècle on note que ces immigrants ont engagé une conquête en direction de l'ouest qui s'accroît de jour en jour, quelques espèces ayant au cours des 20 dernières années "franchi" le détroit séculotunisien et atteint le nord de la Méditerranée occidentale. Ces flux immigratoires ne semblent pas être en voie de se tarir, quelle que soit la "source", étant donné les prévisions concernant les conditions climatiques et hydroclimatiques (réchauffement) et les écomanipulations dont fait et fera l'objet la Méditerranée. La plus importante écomanipulation envisagée étant, en plus de l'artificialisation des fonds (récifs artificiels etc.), l'élargissement du canal de Suez à environ 400 m de largeur et 25 m de profondeur. De plus la déplétion des stocks d'un bon nombre d'espèces indigènes par surpêche, ce qui tend à alléger et même libérer des niches écologiques, facilite l'installation de nouveaux arrivants qui semblent plus "agressifs", plus rapidement et spontanément "expansionnistes" que leurs prédécesseurs !. Notons que le bilan que nous avons dressé est loin de représenter la réalité de l'importance de l'immigration. En effet si les arrivées d'exotiques sont bien inventoriées, les disparitions donc les échecs ne sont quasiment jamais pris en compte ! D'ailleurs dans cet ordre d'idée Golani *et al* (2011) soulignent qu'il est *tout aussi important* de signaler les prises réalisées après la première capture pour vérifier si l'espèce s'est bien établie en Méditerranée... mais pour un scientifique il est moins "glorieux" de signaler une seconde ou troisième capture qu'une "première" et encore moins d'attirer l'attention sur l'absence de recapture ! Donner un portrait du poisson exotique ayant le plus de chances de réussir son intégration dans le nouveau milieu

qu'il cherche à investir serait purement spéculatif ... les plus euryvalents gagneront... peut-être !. D'après les connaissances actuelles les espèces pélagiques n'ont pas mieux réussi la conquête de la Méditerranée que les nectoniques ou que les benthiques et les voies privilégiées de dispersion indiquées, à partir du Levant ou de la mer d'Alboran, par certains auteurs, sont toutes aussi improbables les unes que les autres. Seule la voie ouest-est allant du débouché du canal de Suez vers la côte d'Asie Mineure, empruntée par la majorité des lessepsiens arrivant en Méditerranée, est nettement identifiée. D'après les exemples que nous avons relevés dans la littérature scientifique il est indéniable que ces poissons exotiques qui enrichissent la biodiversité spécifique de la Méditerranée, perturbent les écosystèmes côtiers du Bassin Oriental, affectent l'économie et même la santé publique de ce secteur. Le Bassin Occidental est, jusqu'à présent, moins concerné par l'arrivée de poissons exotiques mais comme nous l'avons indiqué Gibraltar est un lieu de passage "actif" et le détroit século-tunisien devenu récemment écologiquement "perméable" permet aux lessepsiens de pénétrer dans ses eaux ! Enfin il ne faut pas oublier que la Méditerranée est le siège d'un grand brassage floristique et faunistique concernant les espèces indigènes, brassage induit par le bouleversement climatique (réchauffement) qui affecte aussi les espèces indigènes thermophiles ... la Méditerranée perd peu à peu son originalité !

## REPÈRES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amade Y. et Lemée R.**, 1998. – *Aquat.Toxicol.*, 43: 287-300.2002.
- Bariche M. et al**, 2004. – *Environ.Biol. Fishes*, 70: 81-90.
- Belmaker J.**, 2009. – *Ecology*, 90(4): 1134-1141.
- Ben-Abdallah A. et al**, 2003. – Sixièmes journées Tunisiennes des Sciences de la Mer. (Tunis 28-30 novembre 2003): 43.
- Ben-Abdallah A. et al**, 2004. – *Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Mer, Samammbô*, n° spécial: 52-55.
- Ben-Abdallah A. et al**, 2005. – *Libyan J. Mar. Sci.*, 10: 1-14.
- Ben Rais Lasram F. et al**, 2008 a. – *Ma. Ecol. Progr.* , 363: 273-286.
- Ben Rais Lasram F. et al**, 2008 b. – *Hydrobiologia*, 6074 : 51-62.
- Ben Rais Lasram F. et al**, 2010. - in *Fish Invasions of the Mediterranean Sea. Change and Renewal* (edit. Golani and Appelbaum-Golani) PENSOFT, Sofia-Moscow: 35-56.
- Ben Souissi J. et al**, 2006. – *Cybium* , 30: 379-381.
- Ben Souissi J. et al**, 2011. – *Cah. Biol. Mar.* 52: 331-335.
- Bilecenoglu et al**, 2006. – *Aquatic Invasions*, 1: 289-291.
- Bilecenoglu M.**, 2010. – in *Fish Invasions of the Mediterranean Sea. Change and Renewal* (edit. Golani and Appelbaum-Golani) PENSOFT, Sofia-Moscow: 189-218.
- Bodilis P. et al**, 2011. – *Marine Biodiversity Records, Mar. Biol.Ass.of U K* 4: 1-4.
- Bradai M.N.**, 2004. – *Cybium*, 28 : 315-328.

- Carpentieri P. et al**, 2009. – *J. Mar. Biol. Ass. of UK*, 2: 1-5.
- Charfi-Cheikhronha F.**, 2004. – *Bull. Inst. Nat. Sci. Tech. Océanogr. Pêche de Salammbô*, 31: 115-117.
- Chaoui L. et M.H. Kara**, 2004. – *Cybium*, 28(3): 267-268.
- Chouachi B. et O. K.Ben Hassine**, 1998. – *Ital.J. Zool.*, 65 (suppl.): 303-304.
- Coli M. et al**, 2010. – Biodiversity of the Mediterranean Sea. *Plos One*, vol.5 (8):1-36.
- Corsini-Foka M.**, 2010. - in Fish Invasions of the Mediterranean Sea. Change and Renewal (edit. Golani and Appelbaum-Golani) PENSOFT, Sofia-Moscow: 219-254.
- Daniel B. et al** 2009. – *Cybium*, 33 : 163-164.
- Diamant A.**, 2010. - in Fish Invasions of the Mediterranean Sea. Change and Renewal (edit. Golani and Appelbaum-Golani) PENSOFT, Sofia-Moscow: 85-98.
- Drajicevic B. et J. Dulcic**, 2010. - in Fish Invasions of the Mediterranean Sea. Change and Renewal (edit. Golani and Appelbaum-Golani) PENSOFT, Sofia-Moscow: 255-266.
- Dulcic J. et M. Kraljevec**, 2007. – *Scientia Marina*, 7: 15-17.
- Edelist et al**, 2011. – *Acta Ichthyol. et Pisc.*, 41(1): 129-131.
- Ehrlich P. R.**, 1989. – in Biological Invasions. A Global Perspective. (eds Drake J.A. et al)Chichester, Wiley Publ.: 315-328.
- El-Sayed R. S.**, 1994. – *National. Inst.Oceanogr. Fisher. Alexandria*: 77 + IX p.
- Elton C. S.**, 1958. – The ecology of Invasions by animals and plants. Univ. Chicago Press: 196 p.
- Fitzpatrick B.M.**, 2011. – *Biol. Invasions*. DOI 10.1007/s10530-011-0064-1
- Galil B.S.**, 2000. – *Biol. Invasions*, 2: 177-186.
- Galil B. S.**, 2007.- *Marine Pollution Bull.*, 55: 314-322.
- Galil B. S.** 2009. – *Biol. Invasions*, 11: 359—372.
- Galil B. S. et A.Zenetos**, 2002. – in: Invasive aquatic species in Europe. (ed. E. Leppakoski et al) Kluwer Academic Publishers: 325-336.
- Garcia-Berthou E.** , 2007. – *J. of Fish Biol.*, 71 (suppl; D): 33-55.
- Garcia-Berthou E.**, 2010. – *Biol. Invasions*, 12: 1941-1942.
- Gavagnin P. et al**, 1992. – *Oebalia*, 17-2supp. : 57-60.
- Gökoglu M. et al** ,2004. - *J. Ma. Biol. Ass. of the UK*, 84 (5) : 1093-1094.
- Golani D.**, 1998. – *Bull. Yale School Forest. Environ. Studies* , 103: 375-387.
- Golani D.**, 2010. - in Fish Invasions of the Mediterranean Sea. Change and Renewal (edit. Golani and Appelbaum-Golani) PENSOFT, Sofia-Moscow: 145- 188.
- Golani D. et al**, 2002. – CIESM, Atlas of Exotic species in the Medit. (Ed. F. Briand), 1 Fishes, *CIESM* , Monaco: 254p.
- Golani D. et al**, 2006. – Fishes of Eastern Medit. Istanbul: Turkih Marine Research Foundation (TUDAV); 259 p.
- Golani D. et al**, 2011. – *Aquatic Invasions* 6 (supp.1): 7-11
- Golani D. et A. Ben Tuvia**, 1995. Conditions of the World's Aquatic Habitats– (Ed. Armantrout), *Proc. World Fisher. Congress*. Oxford & IBH Pub. New Delhi: 279-289.
- Goren M. et Galil B.S.**, 2005. - *J. Appl. Ichthyol.*, 2: 364-370.
- Gottlieb E.**, 1957.- *Fisher. Bull. Haifa*, 11: 13-20.
- Gücü A. C. et Bingel F.**, 1994. - *Acta Adriatica*, 35: 83-100.
- Hayes K. R. et S.C. Barry**, 2008. – *Biol. Invasions*, 10: 483-506.

- Hemida F. et al**, 2004. - *Acta Adriatica*, 42: 181-185.
- Kara H. et F. Oudjane**, 2009.- *Marine Biodiversity Rec.*, 2 :1-4.
- Ktari F. et M.H. Ktari**, 1974. – *Bull. Inst. Océanogr. Pêche Salammbô*, 3(1-4): 95-98.
- Luquet et al**, 2011. – *Biol. Invasions*, 13: 1901-1915.
- Massuti E. et al**, 2010. - in Fish Invasions of the Mediterranean Sea. Change and Renewal (edit. Golani and Appelbaum-Golani) PENSOFT, Sofia-Moscow: 293-312.
- Occhipinti A. et B. Galil**, 2010. - *Advances in Oceanography and Limnology*, 1(1): 199-218.
- Oral M.**, 2010. – *J. Black Sea/Medit. Environ.*,16 (1):87—132.
- Oren O. H.**, 1957 a .- *Fihfer. Bull. Haifa*, 12 : 4-6 (hébreu)
- Oren O. H.**, 1957 b. - *Bull. Oceaogr Monaco*, 1102: 1-13.
- Orsi-Relini L.**, 2010. - in Fish Invasions of the Mediterranean Sea. Change and Renewal (edit. Golani and Appelbaum-Golani) PENSOFT, Sofia-Moscow: 267-292.
- Por F.D.**, 1978. – Lessepsian migrations. Ecological Studies (Springer-Verlag, Berlin) 23: 228 p.
- Por F. D.**, 2010. - in Fish Invasions of the Mediterranean Sea. Change and Renewal (edit. Golani and Appelbaum-Golani) PENSOFT, Sofia-Moscow: 13-33.
- Ouanes K. et al**, 2011. – *Molecular Ecology*, ????
- Quignard J.-P.**, 1978 a. – *Bull. Zool.*, 45 (suppl. 2): 33-36.
- Quignard J.-P.**, 1978 b. – *Bull.Off. Natn. Pêches Tunisie*, 2 (1): 1-21.
- Quignard J.-P.**, 1978 c. – *Bull. Inst. Natn . Sci. Tech. Ocean. Pêches, Salammbô*, 5 (1-4): 43-52.
- Quignard J.-P.**, 1979. - *Bull.Off. Natn Pêches Tunisie*, 3 (2): 255-270.
- Quignard J.-P.**, 2000. - *Cahiers de l'Académie de Lascours*, 2: 5-17.
- Quignard J.-P.**, 2001. – *Bull. Acad. Sci. et Let. Montpellier*, NS, 32: 109-112.
- Quignard J.-P. et A. Raibaut**, 1993.- *Vie Milieu*, 43 (4): 191-195.
- Quignard J.-P. et J.-A. Tomasini**, 2000.- *Biologia Marina Mediterranea* , 7(3): 1-66.
- Ragonese et al**, 1997. – *Cahiers de Biol. Marine*, 38: 283-289.
- Saad A.**, 2005. – *Turk. J. Fisheries and Aquatic Sci.*, 5: 99-106.
- Sanchez-Tocino et al**, 2007.- *Zool. baeotica*, 18: 79-84
- Shakman E.A. et R. Kinzelbach**, 2007. – *J. of Fish Biol.*, 71 (suppl.): 33-55.
- Sanchez-Tocino et al**, 2007.- *Zool. baeotica*, 18: 79-84
- She J. X. et al**, 1987. – *Biol. J. Linn. Soc.*, 32: 357-371.
- Streftaris N. et A. Zenetos**, 2006. – *Medit. Mar. Sci.*, 7 (1): 87-118.
- Trilles J.- P. et M. Bariche**, 2006 . – *Acta Parasitologica*, 51(3) : 223-230.
- Wirszubski A.**, 1953. – *Bull. Sea Fish Res.Stat. Caesarea*, 7: 1-20.
- Yeldan H. et D. Avsar**, 2000. – *Turkish J. of Zoology*, 24: 173-182.
- Zenetos A. et al** ,2005 (2006). – *Medit. Mar. Sci.*, 6: 63-118.
- Zenetos A et al** ,2009.- *J. of Biol. Res. Thessaloniki*, 12: 135-172.
- Zenetos A. et al**, 2008. – *J. Mar. Biol. Ass. of U K, Mar. Biol. Rec.*: 1-8.
- Zibrowius H.**, 1992. – *Mésogée*, 51: 83-107.
- Zibrowius H.**, 2002. – *CIESM Woorkshop*, Monaco. Monographs, 20: 62-68.