

Méditerranée

Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography

125 | 2015

Dynamiques des zones humides littorales et enjeux de gestion en Méditerranée

Dynamiques spatiales contemporaines et enjeux de gestion

Évolution de l'occupation du sol dans les zones humides littorales du Bassin méditerranéen de 1975 à 2005

Trends in land cover change in coastal wetlands around the Mediterranean Basin: Survey findings from 1975 to 2005

CORALIE BELTRAME, CHRISTIAN PERENNOU AND ANIS GUELMAMI

p. 97-111

<https://doi.org/10.4000/mediterranee.8046>

Abstracts

Français English

Les zones humides méditerranéennes dans leur ensemble, écosystèmes de haute valeur pour la biodiversité, ont perdu environ 50 % de leur superficie au cours du xx^e siècle. Par ailleurs, le littoral méditerranéen est soumis à de fortes pressions dues à l'urbanisation, au tourisme mais aussi au développement d'infrastructures industrielles et de transport. Il y a donc dans les zones humides littorales méditerranéennes une convergence d'enjeux écologiques, sociaux et économiques. L'évolution de l'occupation du sol a été caractérisée dans 214 d'entre elles entre 1975 et 2005. En leur sein, la superficie des habitats humides naturels a diminué de 10 % en 30 ans, soit une perte de 1329 km². À l'inverse, les habitats humides d'origine anthropique ont augmenté de 105 %, c'est-à-dire un gain de 854 km². Pendant cette période, la principale pression directe sur les habitats humides naturels a été l'agriculture puisque 71 % des habitats humides perdus l'ont été au profit des milieux agricoles. L'urbanisation a eu un impact direct moindre mais elle a entraîné la conversion des terres agricoles périurbaines, qui se sont reportées vers les habitats naturels périphériques.

Overall, Mediterranean wetlands are very important ecosystems for biodiversity. Approximately half their area was lost during the 20th century. The Mediterranean coast is also under heavy pressure due to urbanization, tourism and development of industrial and transport infrastructures. The Mediterranean coastal wetlands thus represent a convergence point of ecological, human and economic issues. Changes in land cover between 1975 and 2005 were characterized in 214 of them. The area of natural wetland habitats decreased by 10 % in 30 years, i.e. a loss of 1329 km². At the same time, artificial wetland habitats increased by 105 %, i.e. a gain



of 854 km². The main direct pressure on natural wetland habitats was agriculture, with 71 % of them converted into agricultural areas. Urbanization had less direct impact but largely affected agricultural areas, which in turn were displaced onto natural habitats.

Index terms

Mots-clés : Méditerranée, zone humide littorale, SIG, télédétection, artificialisation, occupation du sol, pression agricole, pression urbaine

Keywords: Mediterranean, coastal wetlands, GIS, remote sensing, artificialization, land cover, agricultural pressure, urban pressure

Geographical index: Bassin méditerranéen, littoral, zone humide

Full text

Nous remercions l'équipe du projet GlobWetland-II ainsi que l'Agence spatiale européenne pour leur soutien financier et technique.

- 1 Les zones humides littorales sont des milieux complexes, composés d'une grande diversité d'habitats naturels et artificiels. Qu'elles soient littorales ou non, les zones humides sont d'une importance capitale pour la biodiversité méditerranéenne (CEPF, 2010 ; OZHM, 2012a et b ; VAN den BROECKA *et al.*, 2015). Elles fournissent aussi de nombreux services écosystémiques. Par exemple, elles jouent un rôle capital dans le cycle hydrologique (stockage de l'eau, recharge des nappes phréatiques, évaporation, fixation des polluants grâce à leur potentiel d'autoépuration) et le cycle du carbone, chaque type de zones humides pouvant avoir un rôle contrasté (BULLOCK et ACREMAN, 2003 ; KAYRANLI *et al.*, 2010). Elles jouent aussi un rôle important dans l'épuration de l'eau et le cycle de nutriments tels que l'azote ou le phosphore (VERHOEVEN *et al.*, 2006). Enfin, elles sont encore très largement perçues comme des espaces malsains, notamment à cause de la présence de moustiques vecteurs de maladies comme la malaria (BOYER et POLASKY, 2004), bien que cette vision soit contestée par de récents travaux (DALE et CONNELLY, 2012 ; KEESING et OSTFELD, 2015).
- 2 Par nature, les zones humides sont souvent situées sur le littoral ou dans les vallées, régions également privilégiées par le développement socio-économique. Les zones humides ont été fortement touchées par ce dernier, notamment par l'extension et l'intensification de l'agriculture et par l'urbanisation. Au niveau mondial, leur superficie aurait diminué de 64 à 71% depuis 1900, et potentiellement de 87% depuis 1700, les zones humides littorales ayant jusqu'à présent été moins converties que les zones humides intérieures (DAVIDSON, 2014).
- 3 Dans ce panorama mondial, les zones humides du Bassin méditerranéen présentent de fortes spécificités. Avec seulement 3% des ressources mondiales, cette région est pauvre en eau douce (UNEP/MAP-Plan Bleu, 2009). Cette eau est aussi très inégalement répartie au sein du bassin : 71% des flux annuels d'eaux de surface et souterraines se font au Nord, 9% au sud et 20% à l'est (MARGAT, 2008). Cette disponibilité contrastée de la ressource en eau, couplée à une topographie montagneuse, a généré une grande diversité de zones humides naturelles. Dans les zones côtières se trouvent principalement les lagunes, les marais maritimes, les estuaires et les deltas, dont les emblématiques deltas du Nil, du Pô ou du Rhône. Dans les régions plus riches en eau (Balkans, une partie de la Turquie, bassins versants issus des Alpes ou des Pyrénées), l'hinterland est parcouru de cours d'eau avec des plaines d'inondation et des ripisylves adjacentes, des marais intérieurs et des lacs. Le sud et l'est du Bassin méditerranéen, en raison de leur plus grande sécheresse, sont plutôt caractérisés par de nombreux milieux humides temporaires comme les lacs salés temporaires (chotts et certaines sebkhas) ou les cours d'eau temporaires (oueds). On trouve aussi des zones humides artificielles, tels que les réservoirs, les canaux, les salins

ou les rizières, dont certaines ont été construites par l'homme dès l'antiquité comme certains réseaux de canaux du delta du Nil pour permettre le développement de l'agriculture (STANLEY et WARNE, 1993).

- 4 Il n'existe pas d'inventaire exhaustif des zones humides des pays méditerranéens. Néanmoins, une récente étude bibliographique a estimé leur étendue totale à 18,5 ($\pm 3,5$) millions d'ha, soit environ 1,5 % des zones humides mondiales, dont un quart de zones humides artificielles (PERENNOU *et al.*, 2012). En outre, selon cette même étude, la superficie des zones humides naturelles y aurait régressé de 50 % au cours du xx e siècle. Comme au niveau mondial, les zones humides côtières ont moins décliné que celles de l'intérieur, au moins pour les 3 pays méditerranéens disposant de statistiques (OZHM, 2014).
- 5 Le littoral méditerranéen fait l'objet de fortes pressions dues aux activités anthropiques : mise en culture, pollutions telluriques, urbanisation, pêche, aquaculture, tourisme, extraction de matériaux, pollutions maritimes, invasions biologiques marines, etc. (UNEP MAP/Plan Bleu, 2009 ; NAKHLI, 2010). La région est par exemple la première destination touristique mondiale, avec 30 % des arrivées touristiques internationales (UNEP MAP/Plan Bleu, 2009). Ce tourisme, en majorité côtier et balnéaire, a conduit depuis les années 1960 au développement de nombreuses infrastructures sur le littoral. D'abord limitées à quelques pays comme l'Espagne, l'Italie et la France, elles se sont graduellement étendues au pourtour méditerranéen : Maghreb, Égypte, Turquie etc. Parallèlement, des infrastructures lourdes, industrielles et de transport, se sont aussi développées sur le littoral : pétrochimie, sidérurgie, ports de commerce, aéroports, routes, etc. Aujourd'hui, 40 % du linéaire côtier méditerranéen est artificialisé (UNEP MAP/Plan Bleu, 2009).
- 6 La frange littorale méditerranéenne est donc le point névralgique de convergence de multiples enjeux démographiques, économiques et écologiques forts. Par conséquent, la présente étude vise à caractériser les changements qui y ont affecté les zones humides dans les dernières décennies. Elle analyse l'évolution de l'occupation du sol au sein d'un échantillon de zones humides littorales, en caractérisant les tendances des habitats humides naturels et artificiels, des habitats naturels terrestres adjacents, ainsi que des espaces agricoles et urbanisés vus comme facteurs de pression sur les zones humides.

1 - Cartographie de l'évolution de l'occupation du sol des zones humides littorales du Bassin méditerranéen

1.1 - Méthodologie : utilisation d'un outil de télédétection adapté aux zones humides méditerranéennes

- 7 Cette étude, menée dans le cadre de l'Observatoire des zones humides méditerranéennes, est basée sur un suivi entre 1975 et 2005 de l'occupation du sol et des habitats humides dans 214 zones humides littorales du Bassin méditerranéen, c'est-à-dire situées dans une bande côtière de 100 km de largeur (OZHM, 2014). Une zone humide est considérée ici comme un ensemble comprenant des habitats humides naturels et artificiels, des habitats naturels terrestres, des milieux agricoles et des milieux urbanisés. Ces derniers sont ici entendus au sens large, c'est-à-dire comme regroupant le développement urbain *stricto sensu*, les espaces verts anthropiques et les infrastructures industrielles et de transport.
- 8 Pour cela, des cartes d'occupation du sol ont été produites à partir d'images satellites Landsat (*MSS*, *TM* et *ETM*). Leur résolution était de 60 m en 1975 et de 30 m en 1990

et 2005. Le traitement de ces images a nécessité l'utilisation de données de référence externes (par ex. cartes d'habitats déjà existantes sur certains sites, images Google Earth de 2005, données CORINE Land Cover, fiches descriptives des sites Ramsar etc.), afin de calibrer l'interprétation visuelle des classes d'habitat, de les classer de manière automatique, et enfin de les cartographier (HÜTTICH *et al.*, 2011). Cette approche classique a déjà été utilisée dans le cadre d'autres travaux de suivi des milieux humides par télédétection (JONES *et al.*, 2009).

9 L'outil utilisé ici a été développé dans le cadre du projet GlobWetland-II (GW-II, 2010-2014) de l'Agence spatiale européenne. GW-II était un projet pilote régional visant à faciliter l'utilisation des techniques d'observation de la Terre pour le suivi et la conservation des zones humides méditerranéennes. L'outil en question est un logiciel appelé GEOclassifier. Il est disponible en deux versions : une version intégrée dans l'environnement ArcGIS 10 et une autre totalement indépendante. Il comprend deux composantes : une composante télédétection permettant le prétraitement des images satellites (corrections radiométriques et géométriques), la cartographie de l'occupation du sol avec une classification supervisée orientée objet par segmentation et la détection des changements ; ainsi qu'une composante Système d'information géographique (SIG) pour le calcul automatisé d'indicateurs spatialisés (par ex. les surfaces totales en habitats humides, les évolutions des habitats entre chaque pas de temps, les pressions urbaines et agricoles...).

10 Les sites d'étude sont des complexes d'habitats humides avec leurs milieux terrestres adjacents. La nomenclature utilisée pour décrire l'occupation du sol est basée sur la classification européenne CORINE Land Cover, croisée avec la typologie de la Convention de Ramsar pour affiner les classes correspondant aux habitats humides. Plusieurs images ont été utilisées pour réaliser les cartes d'habitats de chaque année, ceci afin de pallier la forte variabilité des précipitations en Méditerranée. En cas d'indisponibilité, des images ont été recherchées dans les années immédiatement antérieures ou ultérieures : dans ce cas, les données satellites pour une période étudiée peuvent s'étaler sur ± 2 à 3 ans autour de la date affichée (respectivement : 1972-1978, 1987-1992 et 2002-2007 pour les périodes 1975, 1990 et 2005). Il est considéré qu'à l'échelle des phénomènes et de la région observés, l'impact sur les résultats est faible. Au final, pour la grande majorité des 214 sites étudiés, les résultats sont basés sur l'analyse de 3 à plus de 10 images par période. Pour de rares cas, une seule image était disponible pour une période donnée, et pour des cas très exceptionnels, il n'y avait aucune image exploitable disponible.

11 Les classes élémentaires d'occupation du sol ont été regroupées en cinq grands types d'habitats. On distingue ainsi :

- Les habitats humides naturels incluent les cours d'eau, prairies humides, forêts humides dont les ripisylves, marais intérieurs et maritimes, tourbières, zones intertidales, rivages marins, plans d'eau tels que lacs permanents ou temporaires, d'eau douce ou saumâtre, lagunes et estuaires ou deltas. Il est à noter que dans un contexte où il n'existe plus de véritable habitat naturel, c'est-à-dire non influencé par l'homme, en région méditerranéenne, la notion d'habitat « naturel » est relative ;
- Les habitats humides artificiels incluent les excavations (par exemple gravières ou puits de mines), rizières, marais salants, canaux, étangs d'aquaculture, sites de traitement des eaux usées, et réservoirs allant des petites retenues agricoles aux grands lacs de barrages ;
- Les habitats naturels terrestres incluent forêts, milieux à végétation arbustive (comme la garrigue) ou herbacée comme les pelouses sèches, et espaces ouverts avec peu ou pas de végétation comme les falaises, certaines dunes ou les semi-déserts par exemple ;
- Les milieux agricoles terrestres recouvrent les terres arables (hors rizières), cultures permanentes, prairies sèches et zones agricoles hétérogènes comprenant des mosaïques paysagères dominées par l'agriculture ;

- Les milieux urbanisés terrestres incluent les zones urbanisées, industrielles ou commerciales ; réseaux de transport, mines, décharges et chantiers (hors excavations), espaces verts urbains et équipements sportifs.
- 12 Les indicateurs calculés pour chacun des sites sont :
- la superficie des habitats humides naturels en 1975, 1990 et 2005 ;
 - la superficie des habitats humides artificiels en 1975, 1990 et 2005 ;
 - la superficie des habitats naturels terrestres en 1975, 1990 et en 2005 ;
 - la conversion d'habitats humides naturels en milieux agricoles entre 1975 et 2005 ;
 - la conversion d'habitats humides naturels en milieux urbanisés entre 1975 et 2005.
- 13 Une validation sur le terrain a évalué le taux global d'erreur de la méthodologie. Au total, 28 sites ont fait l'objet de cette validation (soit 13 % de l'ensemble des sites). Dans les 48 classes d'habitat validées, 1 380 points ont été vérifiés au total. Le taux d'erreur global est de 12,3 %. Ce chiffre baisse à 10,6 % pour les 23 habitats humides concernés par cette opération (662 points vérifiés). Au final, avec un taux global de validation de 87,7 % (soit 1 – 12,3 %), les résultats peuvent être considérés comme suffisamment proches de la réalité pour être interprétés (THOMLINSON *et al.*, 1999). Ce taux de validation vaut pour l'analyse globale, mais ne doit pas être extrapolé à des sites précis pris individuellement.
- 14 Les principales limites identifiées à notre approche méthodologique sont les suivantes. Premièrement, une classification même automatique se base sur une interprétation visuelle des images pour déterminer les parcelles d'apprentissage (c'est-à-dire les aires échantillonnées pour cartographier chacune des classes identifiées), et des erreurs humaines sont possibles. De plus, la disponibilité et la résolution des images satellites ne permettent pas toujours d'observer avec précision certains aspects ou dynamiques requis pour identifier de certains habitats : par exemple, les prairies humides ne peuvent être clairement identifiées et délimitées que si au moment des prises de vues satellitaires, elles sont inondées ou si leurs sols présentent un taux élevé d'humidité.

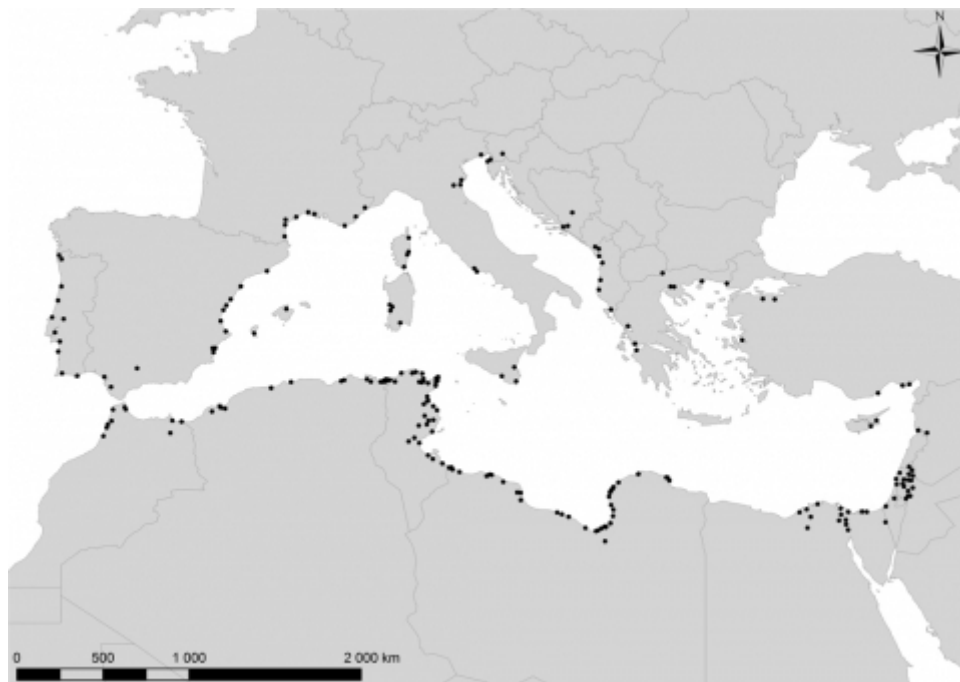
1.2 - Cartographie de l'occupation du sol dans 214 zones humides littorales

- 15 Ne disposant pas d'inventaire complet des zones humides méditerranéennes pour choisir les sites à cartographier, une première liste de sites a été établie à partir de la bibliographie et, principalement, de bases de données accessibles : sites Ramsar (zones humides d'importance internationale : [<https://rsis.ramsar.org/>]) et inventaire des zones importantes pour la conservation des oiseaux de BirdLife International [en ligne]. Afin de se concentrer sur l'évolution des seules zones humides littorales, nous avons appliqué un triple critère de sélection, ne retenant que les zones humides (1) situées à moins de 100 km de la côte, (2) à moins de 700 m d'altitude, et (3) suffisamment grandes pour être suivies avec les images satellitaires Landsat, c'est-à-dire 25 ha. Un total de 214 sites, répartis dans 22 pays, remplissait ces conditions et constitue notre échantillon de travail (tab. 1, fig. 1).

Tableau 1 - Les 214 sites étudiés

[en annexe]

Fig. 1



Localisation des 214 zones humides littorales étudiées autour du Bassin méditerranéen

Source : © OZHM, 2014.

- 16 La superficie de ces sites va de 0,27km² (barrage Sidi Abdelmoneem, Tunisie) à 1 261 km² (lagune de Burullus, Égypte), avec une moyenne de 142 km². Leur total couvre 30 527 km², cartographiés en 1975, en 1990 et en 2005. Sur ce total, 12 928 km² étaient des habitats humides naturels en 1975. L'échantillonnage n'est pas équilibré entre les pays : la rive nord est moins bien représentée que les rives sud et est (80 sites vs 134). Mais au sein de chacun de ces deux ensembles, les disparités entre pays reflètent bien la réalité géographique, avec des régions très riches en zones humides littorales (Tunisie, Libye) et d'autres au contraire très pauvres (Syrie).
- 17 Parmi les 214 sites étudiés, 82 sont des sites Ramsar, c'est-à-dire des sites inscrits par le pays sur la liste internationale des zones humides d'importance internationale, 125 des Zones d'importance pour la conservation des oiseaux (ZICO) et 54 ni Ramsar ni ZICO. Certains étant à la fois Ramsar et ZICO. La délimitation des sites est basée sur des éléments administratifs lorsqu'ils existaient (délimitation des sites Ramsar, des ZICO ou d'espaces naturels). Dans les cas où aucune délimitation administrative n'était disponible, les limites du site d'étude sont celles du complexe de zones humides.

2 - Une forte tendance à l'artificialisation des milieux humides littoraux entre 1975 et 2005

- 18 L'évolution des surfaces des principales classes d'habitats est résumée au tableau 2.

Tableau 2

| Habitats humides naturels | Variation 1975-2005 | |
|--|---------------------|--------|
| | en km ² | en % |
| Lagunes | -376 | -9,6% |
| Forêts inondables | 12 | 8,0% |
| Prairies humides | -142 | -52,6% |
| Cours d'eau | -1 | -0,7% |
| Mares, étangs et lacs naturels permanents | -159 | -10,0% |
| Mares, étangs et lacs naturels temporaires | -3 | -0,3% |
| Marais | -594 | -11,2% |
| Tourbières | 0,4 | 43,8% |
| Autres habitats humides naturels | -66 | -11,0% |
| Habitats humides artificiels | | |
| Salins | 59 | 35,1% |
| Canaux | 76 | 126,8% |
| Rizières | 78 | 15,9% |
| Mares, étangs et lacs artificiels | 641 | 679,6% |
| Autres | | |
| Autres habitats naturels (terrestres) | -1472 | -19,1% |
| Agriculture (horz riz et prairies humides) | 983 | 12,7% |
| Milieus urbanisés | 952 | 310,0% |
| Mer | 11 | 1,1% |

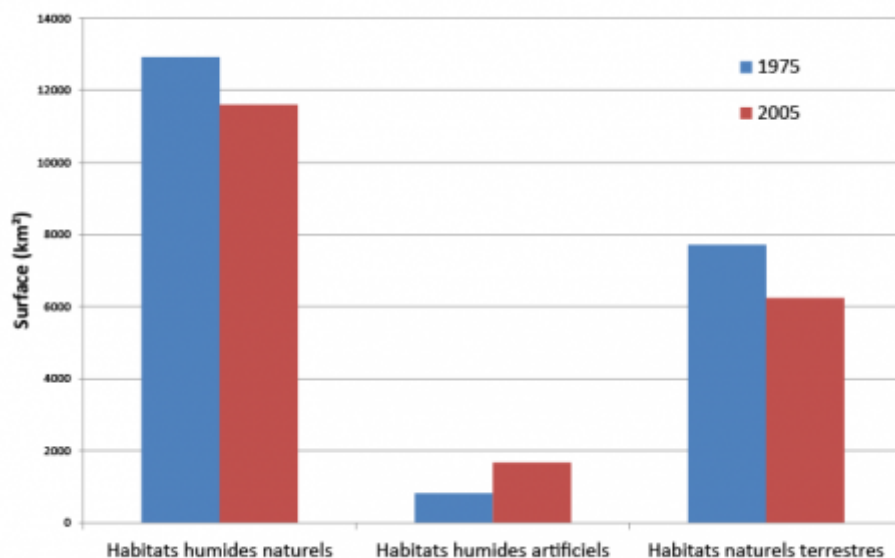
Évolution en surface et en % des principaux types d'habitats suivis sur les 214 sites, entre 1975 et 2005

Sources : C. Beltrame, C. Perennou, A. Guelmami.

2.1 - Une diminution des habitats humides naturels d'au moins 10 % en 30 ans

- 19 Sur l'ensemble des 214 sites étudiés, la superficie des habitats humides naturels a diminué de 10 % entre 1975 et 2005, soit une perte totale de 1 329 km² (fig. 2).

Fig. 2



Évolution des superficies cumulées d'habitats humides naturels, humides artificiels et naturels terrestres pour les 214 sites de l'étude entre 1975 et 2005 (en km²)

Sources : C. Beltrame, C. Perennou, A. Guelmami.

- 20 Ces résultats confirment les données antérieures qui signalaient une disparition progressive des zones humides dans le monde et dans le Bassin méditerranéen (DAVIDSON, 2014 ; PRIGENT *et al.*, 2012 ; PERENNOU *et al.*, 2012). L'amplitude des chiffres est toutefois très différente d'une étude à l'autre, en fonction des méthodologies employées (revue bibliographique, télédétection) et des objets suivis (habitats humides naturels ou surfaces en eau libre par exemple ; cf. tableau 3).

Tableau 3

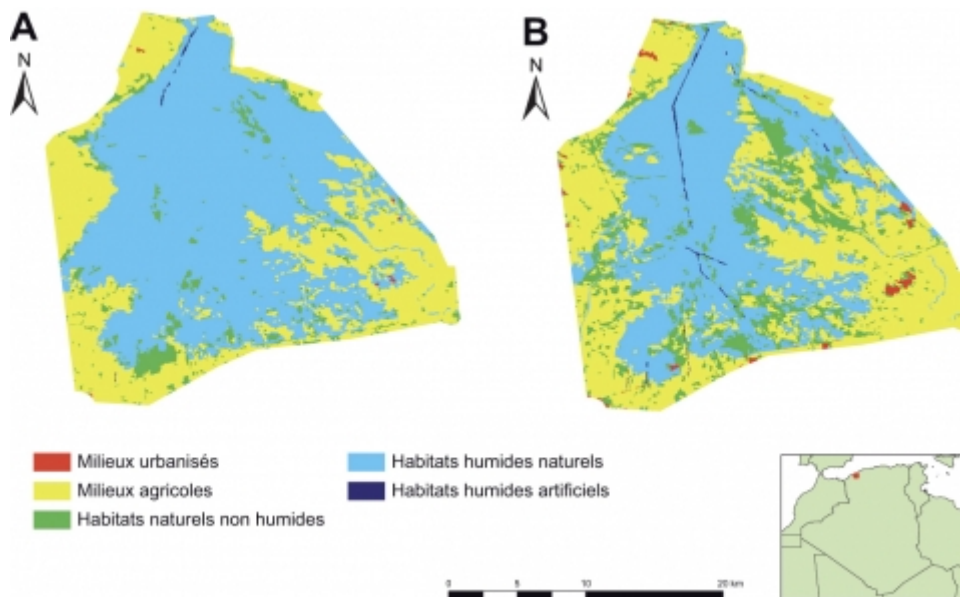
| | Période | Objet du suivi | Localisation | Taux de perte | Méthode |
|------------------------------|-------------|---|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Présente étude | 1975-2005 | habitats humides naturels | Bande côtière méditerranéenne | -10 % | Télédétection |
| Prigent <i>et al.</i> , 2012 | 1993 - 2007 | surfaces en eau libre | Monde | -6 % | Télédétection |
| Davidson, 2014 | 1900 - 2014 | zones humides (au sens large de Ramsar) | Monde | entre -64 % et -71 % | Revue bibliographique |

Taux de perte de milieux humides dans le monde, en fonction des méthodes, de la zone concernée et de l'objet précis du suivi

Sources : C. Beltrame, C. Perennou, A. Guelmami.

- 21 Parmi les habitats naturels listés ci-dessus (§ 1.2), ce sont les marais et les prairies humides qui ont connu la plus forte diminution entre 1975 et 2005. La surface des marais (5 300 km² en 1975) a été réduite de 594 km² dans les zones humides étudiées, soit une perte de 11 %. Dans le même temps, les prairies humides (271 km² en 1975) ont enregistré une perte de 142 km², soit 53 %. Ces habitats, temporairement inondés et souvent situés autour de grandes zones humides ou dans les plaines d'inondation des rivières et des fleuves, sont souvent les premiers touchés par la conversion en terres agricoles ou l'urbanisation.
- 22 Un exemple représentatif de ces pertes de marais et prairies humides sont les marais de la Macta, situés au nord-ouest de l'Algérie. Ils ont vu leurs habitats humides naturels passer de 272 à 194 km² entre 1975 et 2005 (fig. 3), soit une perte de 29 %. Plusieurs facteurs expliquent cette évolution. Tout d'abord, entre 1970 et 1992, trois nouveaux barrages furent construits dans le bassin versant de la Macta, en plus des deux déjà existant (fig. 4). À cela est venu s'ajouter une période de sécheresse annuelle de plus en plus longue qui a entraîné une diminution du ruissellement vers les marais et un assèchement progressif des sols (MEDDI *et al.*, 2009). Enfin, une sédentarisation des populations nomades a localement accru la pression sur les ressources en eau et en terre (élevage, culture).

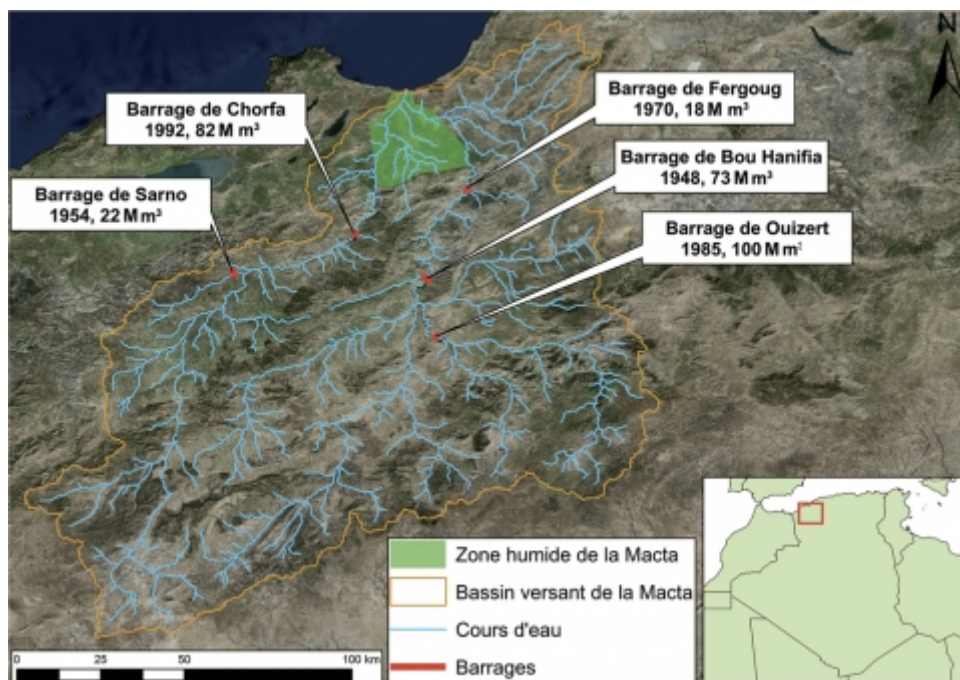
Fig. 3



Évolution de l'occupation du sol dans les marais de la Macta (nord-ouest de l'Algérie) entre 1975 (carte A) et 2005 (carte B)

Source : ©GlobWetland II / ESA, 2014

Fig. 4



Localisation, capacité de stockage (en millions de m³) et année de création des barrages situés sur les principaux cours d'eau du bassin versant de la Macta au nord-ouest de l'Algérie

Source : © OZHM, 2014 / fond de carte ©ArcGIS World Imagery 2010.

- 23 Mais au-delà des marais et des prairies humides, certaines grandes étendues d'eau connaissent aussi des déclinés importants. C'est en particulier le cas pour le delta du Nil qui est une des zones où les habitats humides naturels ont le plus régressé. Sur 3 sites uniquement (Burullus, Manzala et Sinnéra & San El-Hagar), 500 km² de lagunes ont été perdues entre 1975 et 2005. Elles ont principalement été converties en fermes aquacoles et en terres agricoles.
- 24 Certains grands lacs permanents ont également connu des changements. En tout, 159 km² de ces habitats humides naturels ont été perdus entre 1975 et 2005 sur l'ensemble des sites étudiés. En Turquie, par exemple, les lacs Manyas et Uluabat, dans le nord-ouest de l'Anatolie, ont subi de fortes modifications hydrologiques qui ont entraîné une augmentation de la sédimentation avec atterrissement des berges, une baisse de la profondeur globale, et le développement de marais sur les berges autrefois couvertes d'eaux libres. Dans ce cas, il s'agit donc d'un changement de classe au sein des habitats naturels humides (de lac vers marais).

2.2 - Des pertes d'habitats humides naturels probablement sous-estimées

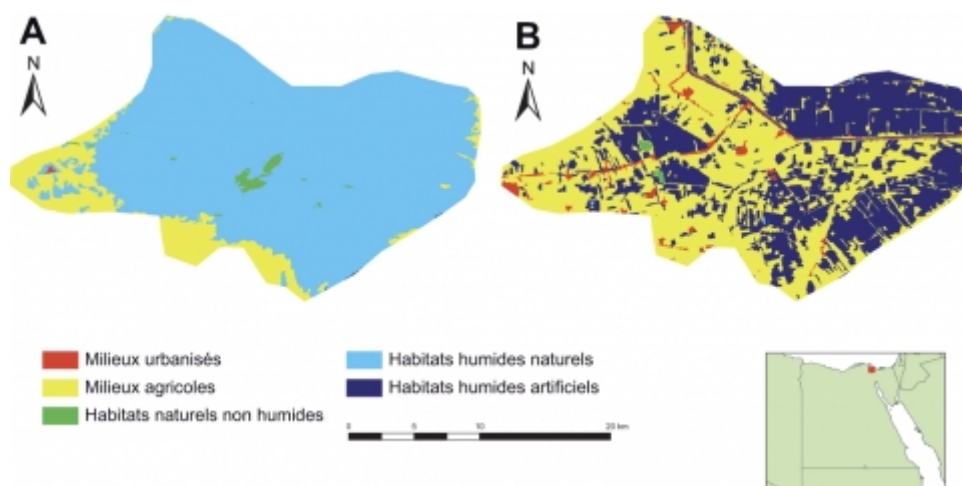
- 25 D'un point de vue technique, notre étude sous-estime très probablement le taux de perte des habitats humides naturels sur la période considérée, et ce pour plusieurs raisons.
- 26 Tout d'abord, notre échantillon n'intègre que des sites littoraux qui sont encore des zones humides en 2005, excluant donc toute zone humide ayant totalement disparu au cours de la période d'étude. Or de nombreuses zones humides ont été détruites ou dégradées bien avant 1975. Par exemple LEVIN *et al.* (2009) montrent qu'il ne reste plus que 9 % de la superficie des habitats naturels humides présents dans la plaine côtière israélienne à la fin du XIX^e siècle. Là, 82 % des sites ont tout simplement disparu, alors que les autres ont vu leur superficie se réduire. Dans cette étude, une carte militaire britannique de 1943 montre qu'une grande partie de ces modifications s'étaient produites avant cette date. Ici encore, le drainage pour la mise en culture des terres et la construction d'infrastructures urbaines ou de transport expliquent ces évolutions.

- 27 De plus, de par son mode de constitution (sites Ramsar et Zones d'importance pour la conservation des oiseaux), notre échantillon représente vraisemblablement un ensemble de sites plus protégés que la moyenne des zones humides méditerranéennes, et donc moins soumises à des pertes de milieux naturels.
- 28 Enfin, notre méthode ne permet pas de repérer les modifications au sein de zones humides inférieures à 25 ha, comme les mares temporaires, les petits marais ou les cours d'eau, qui sont potentiellement parmi les milieux les plus menacés (RHAZI *et al.*, 2012). Pour la même raison technique, de petits changements au sein d'une zone humide donnée ne sont pas détectables. Par exemple, si 1 ha de marais est transformé en rizière, ce changement concerne une superficie trop petite pour qu'il soit détecté. Il est donc probable que les chiffres avancés soient inférieurs à la réalité.

2.3 - Une forte augmentation des habitats humides artificiels

- 29 Sur l'ensemble des 214 sites étudiés, la superficie des habitats humides artificiels a progressé de 105 % entre 1975 et 2005, ce qui représente un gain de 854 km² (fig. 2). Ces augmentations concernent l'ensemble du Bassin méditerranéen, et l'ensemble des habitats humides artificiels.
- 30 Ainsi les lagunes deltaïques de Sinnéra et San El-Hagar en Égypte, située au nord-est du delta du Nil, à l'est du bras de Damiette, ont vu leurs habitats humides naturels se réduire et passer de 317 km² à moins d'un km², soit une perte de presque 100 % (fig. 5) !

Fig. 5



Transformation des habitats humides naturels en habitats humides artificiels entre 1975 (Carte A) et 2005 (Carte B) à Sinnéra et San El-Hagar dans le Delta du Nil

Source : ©GlobWetland II / ESA, 2014).

- 31 Cela est surtout dû à la conversion des lacs et marais naturels en zones aquacoles (102 km²) et agricoles (114 km²). Le développement de l'aquaculture en Égypte, qui représente la plus grande source d'approvisionnement en poissons du pays (FAO, 2010), a ainsi eu un impact très fort sur les lagunes du delta du Nil suivies dans cette étude. Les pratiques piscicoles intensives ont été introduites à la fin des années 1990, permettant une forte augmentation de la production de poissons (FAO, 2010). Au-delà de son impact en termes d'occupation du sol, ces techniques d'aquaculture ont aussi des conséquences en termes de pollution des milieux aquatiques : accumulation de nourriture non consommée (de 10 à 30 % selon la méthode de nourrissage) et des produits du métabolisme des poissons sur le fond, rejet dans l'eau des traitements chimiques utilisés pour éviter l'accumulation de déchets et d'algues sur les filets et des produits vétérinaires (antibiotiques et anti-parasitaires) pour traiter les infections et les parasites des poissons. (CATAUDELLA *et al.*, 2015)

- 32 Les habitats humides artificiels ont donc fortement augmenté, notamment au détriment des habitats humides naturels. Or les sites comprenant le plus d'habitats humides artificiels sont ceux où la gestion de l'eau est forte (canaux, réservoirs, salins, rizières). Alors qu'en zone méditerranéenne les habitats humides naturels présentent un minimum d'inondation estivale pour un maximum en l'automne et en l'hiver, le régime hydrique des habitats artificialisés est différent. En effet, celui-ci est souvent modifié : soit parce que ces espaces servent de réservoir d'eau et sont donc pleins toute l'année, soit parce qu'ils sont gérés afin d'augmenter la productivité du milieu (agricole ou cynégétique) et sont mis en eau périodiquement notamment en été.
- 33 Les conséquences de cette artificialisation des habitats humides sont ambivalentes en termes de conservation. En effet, alors que les habitats humides naturels régressent et que l'eau est de moins en moins disponible pour les écosystèmes, l'existence de plans d'eau artificiels permet cependant à certaines espèces, notamment les oiseaux aquatiques, de trouver des habitats de substitution nécessaires à leur survie (AFDHAL *et al.*, 2012, NAVEDO *et al.*, 2012). Mais ces habitats sont moins favorables à de nombreuses espèces végétales, d'invertébrés (GREEN *et al.*, 2002) ou d'amphibiens (BAKER et HALLIDAY, 1999), en particulier celles occupant une niche écologique étroite. La plupart des réservoirs sont des habitats trop simplifiés pour permettre la reconstitution de conditions écologiques similaires à celles rencontrées dans les habitats humides naturels, et ne sont donc exploités que par des espèces généralistes (Héron cendré *Ardea cinerea*, Goéland leucopnée *Larus michahellis*, Canard colvert *Anas platyrhynchos*...).

2.4 - La superficie des autres habitats naturels également en nette régression

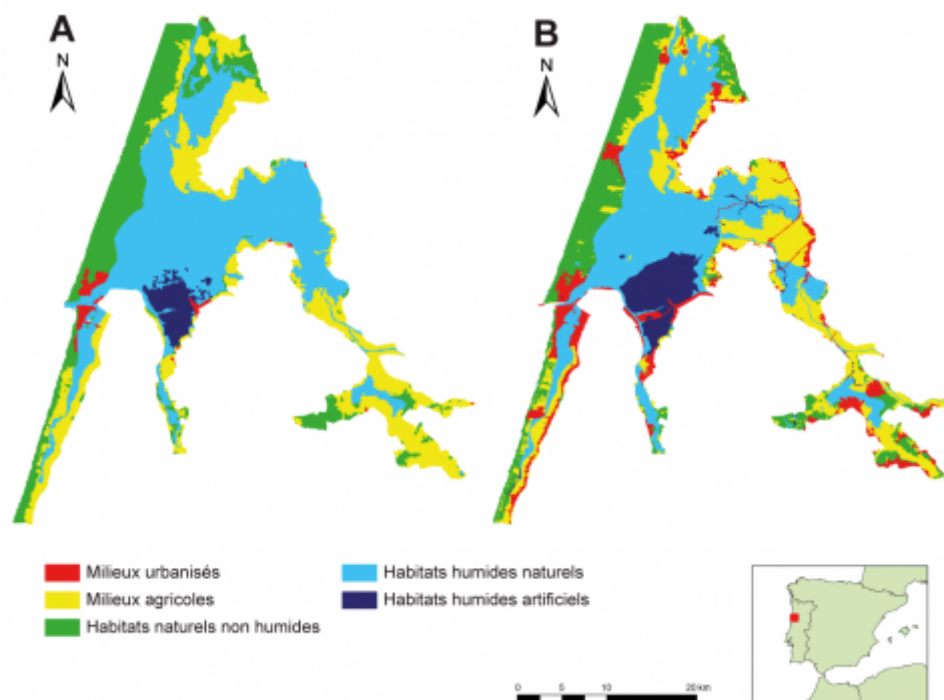
- 34 Les 214 sites littoraux sur lesquels porte cette étude sont composés d'une mosaïque d'habitats humides naturels et artificiels variés, mais aussi d'habitats naturels terrestres, de milieux agricoles et de milieux urbanisés. Les habitats naturels terrestres comprennent des dunes, des forêts, de la garrigue, du maquis, des pelouses sèches ou des habitats steppiques. Leur superficie a diminué de 19 % entre 1975 et 2005, ce qui correspond à une perte de 1 472 km² (fig. 2).
- 35 Cette perte des habitats naturels terrestres en périphérie des zones humides est préoccupante en termes de conservation. Il est en effet important que les habitats humides naturels restent connectés à un réseau plus large d'habitats naturels, notamment pour maintenir les flux hydrologiques : le fonctionnement écologique de ces milieux (transfert d'eau, de sédiments et de nutriments, etc.) est en effet influencé par les habitats périphériques situés au sein du bassin versant. De plus, de nombreuses espèces animales des zones humides ne passent en fait qu'une partie de leur vie dans des habitats humides, et ont aussi besoin d'autres habitats naturels. Par exemple, les têtards de certaines espèces d'amphibiens, comme ceux de la rainette verte *Hyla meridionalis*, sont inféodés aux habitats humides, alors que les adultes sont ubiquistes et fréquentent aussi des habitats terrestres. L'artificialisation croissante des marges des zones humides est donc susceptible de favoriser diverses perturbations : comblement par les sédiments, eutrophisation, flux de polluants, perturbations thermiques, etc.

3 - Une disparition des habitats humides naturels aux origines multiples

3.1 - L'agriculture, première cause directe de perte des habitats

36 Entre 1975 et 2005, 876 km² d'habitats humides naturels ont été convertis en milieux agricoles (fig. 6), soit 7 % des habitats humides présents en 1975 sur les sites étudiés.

Fig. 6



Conversion des habitats humides naturels en terres agricoles, elles-mêmes converties en terres urbanisées entre 1975 (Carte A) et 2005 (Carte B) dans l'estuaire de l'Aveiro au nord-ouest du Portugal

Source : © OZHM, 2014.

37 Cet impact direct de l'agriculture sur les habitats humides naturels est particulièrement visible dans le cas des marais de la Macta au nord-ouest de l'Algérie (fig. 3). Selon un rapport de la Direction de l'Agriculture (2009), la conversion de ces milieux en terres agricoles est due notamment à la sédentarisation des populations nomades et l'augmentation de l'élevage et de la production agricole (marais situés dans la première région oléicole et agrumicole de l'Ouest algérien).

38 En région méditerranéenne, où l'agriculture pluviale reste dominante avec 80 % des terres cultivées en 2005, la superficie des terres arables et des cultures permanentes s'est stabilisée ou a décliné de 1961 à 2005. Mais, pendant cette même période, la superficie totale des terres irriguées a doublé et représentait 26 millions d'ha en 2005, soit 20 % des terres cultivées (UNEP/MAP-Plan Bleu, 2009). Or, les zones humides sont des zones privilégiées pour mettre en place une agriculture irriguée puisque les surfaces y sont généralement planes, les sols souvent fertiles à cause de la matière organique accumulée et l'eau facilement disponible (si elle est canalisée).

39 Les plus fortes augmentations nettes de surface des terres irriguées ont été enregistrées en Turquie (3,1 Mha¹), en France (2 Mha), en Espagne (1,5 Mha), en Grèce mais également en Syrie et en Égypte. Cette croissance a aussi été très soutenue au Maghreb (1,53 Mha, dont 0,56 Mha au Maroc et 0,34 Mha en Algérie) (MEDITERRA, 2009). L'agriculture irriguée est actuellement le premier secteur consommateur d'eau en région méditerranéenne (MEDITERRA, 2009). En raison de l'inégale disponibilité des ressources en l'eau, la part consommée par l'agriculture irriguée est très variable d'un pays à l'autre : de 75 à 100 % au sud et à l'est du Bassin méditerranéen ainsi qu'en Espagne, contre moins de 2 % dans certains pays des Balkans (Slovénie, Monténégro ou Croatie).

40 Ce développement a parfois été soutenu par des plans nationaux, car il nécessite de lourds investissements pour la réalisation d'infrastructures hydrauliques (construction de barrages, réseaux de drainage et d'irrigation). Au Maroc, par exemple, la politique dite du « million d'hectares irrigués » lancée en 1964 a permis d'augmenter la

production totale agricole à un rythme proche de 8 % par an entre 1960 et 2000 (JOUVE, 2002). Cela a conduit à la mise en culture des vastes plaines côtières, souvent riches en habitats humides naturels (RHAZI *et al.*, 2012). Parmi les sites suivis dans cette étude, le cas du complexe de zones humides du Bas-Loukkos au Maroc, inscrit en 2005 sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, illustre bien ce phénomène. La surface occupée par les habitats humides naturels est passée de 128 km² en 1975 à 49 km² en 2005, et ce principalement sous l'effet d'opérations de drainage destinées à permettre le développement agricole. Dans ce secteur, il y a eu d'importants investissements au cours des décennies 1970-1980 qui ont conduit à la construction de 9 barrages au sein du bassin versant ; structures que sont venus compléter des aménagements hydroagricoles afin de drainer et d'irriguer les terres mises en culture (VERCUEIL, 1982).

3.2 - L'urbanisation, une cause directe moindre de perte d'habitats naturels

41 Entre 1975 et 2005, 95 km² d'habitats humides naturels ont été convertis en milieux urbanisés, soit 0,7% des habitats humides naturels présents en 1975 sur les sites littoraux étudiés. C'est nettement moins que les 7 % d'habitats convertis en terres agricoles, évoqués précédemment.

42 Pourtant, dans le Bassin méditerranéen, l'urbanisation est particulièrement forte au niveau des zones côtières, où se concentrent la population et les principales activités anthropiques (industrie, tourisme, agriculture). En 2000, la densité de population était trois fois plus élevée dans les régions côtières que la densité moyenne des pays considérés, et 40 % du littoral méditerranéen était urbanisé (UNEP/MAP-Plan Bleu, 2009). Ce processus de concentration des populations dans les régions côtières porte le nom de « littoralisation » (UNEP/MAP-Plan Bleu, 2009) et combine deux phénomènes distincts.

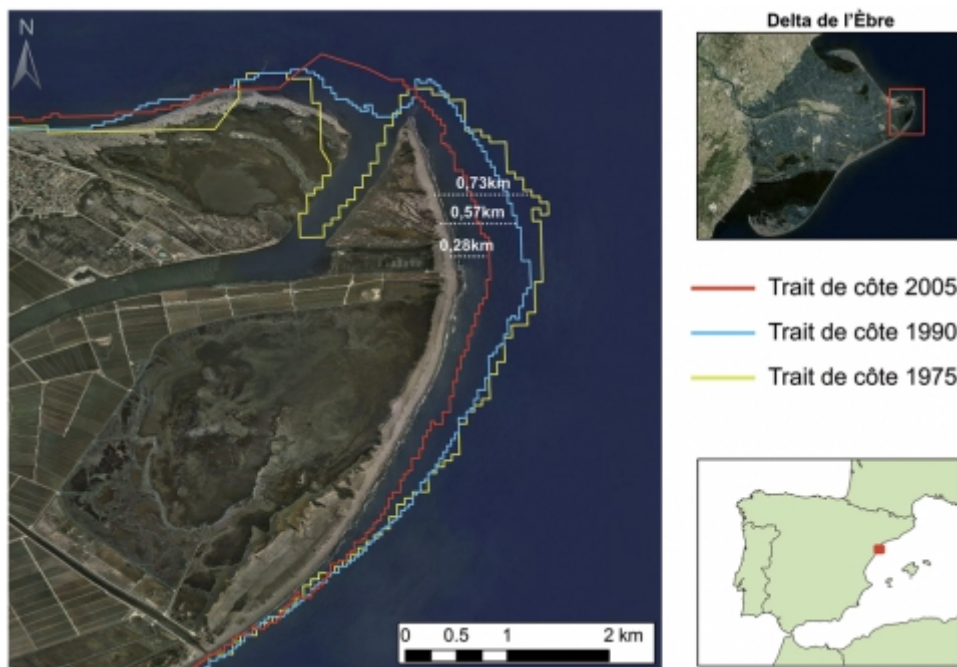
43 Tout d'abord, les villes s'étendent. En effet, alors qu'en 1995 62 % de la population vivait dans les zones urbaines situées en zone côtière, on estime que ce chiffre atteindra 72 % en 2025, avec un accroissement plus fort dans les pays du sud et de l'est du bassin lié à une démographie forte et à un exode rural important (UNEP/MAP-Plan Bleu, 2009). Sur la rive nord, alors que la croissance démographique est faible, les politiques d'urbanisation du littoral sont source de multiples conversions d'espaces naturels : lotissements pavillonnaires, marinas, zones d'activités et zones commerciales se multiplient aux abords des agglomérations. Cette expansion urbaine se fait souvent directement au détriment des milieux humides naturels comme l'avons mis en évidence pour les zones humides de Famagouste, complexe de 780 ha situé au nord de Chypre. Dans ce site, les habitats naturels humides ont régressé de 22 % entre 1975 et 2005 alors que les milieux urbanisés ont été multipliés par 3 dans le même temps. La pression démographique est particulièrement forte depuis la partition du pays en 1974 et la migration des chypriotes turcs du sud vers le nord de l'île. Dans la zone de Famagouste, le boom du secteur de l'immobilier a connu son pic dans les années 1980, avec la construction du campus universitaire et d'une zone industrielle et commerciale (SEFFER *et al.* 2011).

44 Deuxièmement, le Bassin méditerranéen est la première région touristique au monde (UNEP/MAP-Plan Bleu, 2009). Cela entraîne une multiplication des infrastructures d'hébergement, de transport et de traitement des eaux usées sur le littoral. Ces infrastructures peuvent parfois être construites directement sur les habitats humides naturels, qui sont alors irrémédiablement détruits. Par exemple, une partie de l'aéroport de Barcelone a été construite sur la zone humide du delta du Llobregat.

45 Mais, les zones urbaines s'étendent aussi sur les milieux agricoles. Ceux-ci vont alors souvent glisser vers les habitats naturels proches encore présents. Cette dynamique a été observée sur l'ensemble du Bassin méditerranéen et en Europe. En effet, l'étalement

urbain se fait principalement au détriment des milieux agricoles péri-urbains, et il y a donc un déplacement des zones agricoles perdues dans les zones péri-urbaines vers les habitats naturels ou semi-naturels périphériques (MEDITERRA, 2008, 2009). C'est un schéma classique que l'on retrouve dans de nombreux sites de notre étude, comme par exemple dans l'estuaire de l'Aveiro au Portugal. Situé au Nord de la côte portugaise, cet estuaire est le principal exutoire du bassin versant de la rivière Vouga vers l'océan atlantique. Entre 1975 et 2005, la surface occupée par les habitats naturels humides de ce site est passée de 147 à 123 km² (fig. 7). 80 % des pertes, soit environ 20 km², sont dues à la conversion de ces habitats en milieux agricoles (principalement des périmètres irrigués et des systèmes culturaux complexes, irrigués ou non). Mais, durant la même période, la perte nette de milieux agricoles était de 22 km² car eux même étaient convertis en milieux urbanisés qui ont été multipliés par six durant ces trente années, passant de 5 à 31 km².

Fig. 7



Recul du trait de côte entre 1975 et 2010 à l'embouchure de l'Èbre

Source : © OZHM, 2014 / fond de carte ©ArcGIS World Imagery 2010. Nota : l'image de fond de carte correspond à 2010.

3.3 - Le recul du trait de côte, conséquence de l'érosion côtière et de la hausse du niveau marin

- 46 Sur plusieurs sites de l'étude situés en bord de mer, un fort recul du trait de côte a été observé entre 1975 et 2005. C'est par exemple le cas dans le delta de l'Èbre, à l'embouchure du fleuve (fig. 7) où un recul de 730 mètres entre 1975 et 2010 a été mesuré.
- 47 Cette évolution du trait de côte résulte d'une combinaison de plusieurs facteurs agissant en synergie (DAY *et al.*, 2008 ; BOHANNON, 2010). La côte, et notamment les deltas, sont des milieux dynamiques. Les plaines côtières et les deltas tendent à s'enfoncer par compaction naturelle. Les sédiments amenés par les fleuves se déposent sur ces espaces, ou bien en mer où ils sont ensuite repris par les courants marins pour être redistribués le long de la côte. Inversement les courants marins et les tempêtes tendent à éroder la côte en remobilisant les sédiments déposés et en les transportant plus loin. À ces phénomènes s'ajoutent également les variations du niveau marin qui influent aussi sur l'érosion littoral et la dynamique sédimentaire.

- 48 Actuellement sur les côtes de la Méditerranée, ces différentes forces sont en train d'évoluer. Tout d'abord il y a une élévation du niveau de la mer. Sur la période 1901-2010, le niveau marin a augmenté de 19 cm en moyenne et cette hausse est presque deux fois plus rapide depuis 20 ans qu'au cours du xx^e siècle (GIECC, 2013). Les modèles établis par le GIECC² prévoient d'ailleurs un maintien de cette tendance (si les émissions de gaz à effet de serre restent les mêmes), avec une élévation qui pourrait atteindre en moyenne 98 cm en 2100 (GIECC, 2013).
- 49 Dans le même temps, les apports sédimentaires des fleuves à la Méditerranée ont drastiquement baissé : on estime que 45 % sont retenus dans les barrages ou extraits du lit des cours d'eau pour l'exploitation du sable et des graviers, perturbant l'équilibre hydrosédimentaire et provoquant l'érosion du littoral (UNEP/MAP-Plan Bleu, 2009). Ces barrages ont un double effet car ils bloquent les sédiments dans les retenues tout en diminuant la fréquence et l'intensité des crues.
- 50 Par exemple, en Espagne, la construction de 287 barrages dans le bassin versant de l'Èbre au cours du xx^e siècle a diminué la charge sédimentaire du fleuve de 99 % (IBANEZ *et al.*, 1996). Cela a eu des conséquences très fortes sur le delta car l'érosion côtière domine et le trait de côte recule, entraînant une perte d'habitats naturels humides à son embouchure (fig. 7) (DAY *et al.*, 2008).
- 51 La surexploitation de la ressource en eau et son prélèvement direct dans les bassins versants diminuent aussi la quantité d'eau arrivant à la mer, et de manière consécutive la quantité de sédiments transportés ainsi que la fréquence des crues. Ceci entraîne une subsidence des deltas. Le cas le plus emblématique est certainement celui du Nil, dont 93 % des apports d'eau à la Méditerranée ont été supprimés en raison d'une part de la retenue du barrage d'Assouan et, d'autre part, des importants prélèvements effectués pour l'agriculture (BOHANNON, 2010). Il en résulte une forte érosion côtière dans le delta, une perte en zones humides naturelles, et de profondes modifications hydrologiques de celles qui subsistent.

Conclusions

- 52 Au sein des espaces littoraux du Bassin méditerranéen la superficie des habitats humides naturels a diminué d'au moins 10 % entre 1975 et 2005, soit une perte cumulée de 1 328 km² pour les 214 sites étudiés. Dans le même temps, la superficie des habitats humides artificiels a augmenté de 105 %, pour atteindre une surface de 1 666 km². On assiste donc à une forte artificialisation des zones humides situées dans les régions côtières. La superficie des habitats naturels terrestres a diminué de 19 % entre 1975 et 2005. Cette régression peut avoir un impact négatif sur le fonctionnement hydrologique et écologique des zones humides (circulation des espèces, flux génétiques, etc.), en les déconnectant d'un réseau plus large d'habitats naturels (CORREA AYRAM *et al.*, 2015 ; HADDAD *et al.*, 2015).
- 53 La majorité de ces changements est due à l'agriculture, première cause directe de perte d'habitats humides naturels : 7 % de ceux présents en 1975 dans les sites étudiés avaient été convertis en milieux agricoles en 2005. L'agriculture irriguée a fortement progressé pendant cette période : les zones humides, planes, au sol fertile et riche en eau, sont en effet des espaces privilégiés pour développer ce type d'agriculture. L'urbanisation, entendue ici au sens large, a eu un impact direct moindre sur les habitats humides naturels, puisque seulement 0,75 % des habitats présents en 1975 dans les sites étudiés ont été urbanisés. Par contre, elle se développe principalement sur les milieux agricoles périurbains, et on constate un glissement des zones agricoles perdues vers les habitats humides naturels périphériques.
- 54 Enfin, une perte d'habitats littoraux liée au fort recul du trait de côte a été observée sur certains sites. Mais cette dynamique de submersion littorale peut aussi être une opportunité pour remettre en eau, restaurer et renaturaliser certains milieux dégradés suite à leur déconnection d'avec la mer, d'origine anthropique. Elle peut aussi entraîner

la disparition de certaines zones humides littorales par submersion. Mais elle peut être aussi vue comme une occasion pour repenser l'aménagement du littoral, notamment dans les secteurs côtiers où les enjeux humains et économiques sont faibles à modérés. De nouveaux modes de gestion, moins coûteux et misant sur la restauration de la fonctionnalité des écosystèmes, peuvent permettre d'atténuer les effets prévus du changement climatique, tels que l'élévation du niveau des eaux ou l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes (VASCHALDE, 2014 ; PERGENT *et al.*, 2012).

55 La télédétection a donc permis un premier bilan chiffré de l'évolution des zones humides côtières méditerranéennes. Si les chiffres sont à prendre comme une première approximation en raison des limites inhérentes aux images et à la méthode, son avantage principal est de permettre de traiter l'ensemble des sites du Bassin méditerranéen de façon homogène, avec des biais identiques, ce qui constitue un atout unique. Si des améliorations restent souhaitables comme dans toute entreprise de télédétection des milieux naturels (par ex. SKIDMORE *et al.*, 2015), l'arrivée prochaine d'images de plus haute résolution tant spatiale que temporelle, fournies par les satellites Sentinelles, est prometteuse. Enfin, si cette étude s'est concentrée sur les évolutions en superficie des milieux humides, il s'agit d'une seule des dimensions affectant ces milieux. Au-delà de la perte en superficie, la dégradation de la qualité de l'eau, notamment dans les cours d'eau, a aussi un fort impact sur la conservation des milieux humides du Bassin méditerranéen (OZHM, 2012 a).

Bibliography

AFDHAL B., CHARFI-CHEIKHROUHA F., MOALI A., (2012), Tunisian man-made wetlands as alternative habitats for waterbirds and their role for conservation, *African Journal of Ecology*, vol. 51, p. 154-163.

DOI : 10.1111/aje.12022

BAKER J.M.R., HALLIDAY T.R., (1999), Amphibian colonization of new ponds in an agricultural landscape, *Herpetological Journal*, vol. 9, p. 55-63.

BULLOCK A., ACREMAN M., (2003), The role of wetlands in the hydrological cycle, *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 7, p. 358-389.

BOHANNON J., (2010), The Nile delta's sinking future, *Science*, vol. 237, p. 1444-1447.

DOI : 10.1126/science.327.5972.1444

BOYER T., POLASKY S., (2004), Valuing urban wetlands : a review of non-market valuation studies, *Wetlands*, vol. 24, p. 744-755.

DOI : 10.1672/0277-5212(2004)024[0744:VUWARO]2.0.CO;2

CATAUDELLA S., CROSETTI D., MASSA F. (2015). *Mediterranean coastal lagoons : Sustainable management and interactions among aquaculture, capture fisheries And the environment*. General Fisheries Commission For The Mediterranean, Studies and reviews n° 95, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 279-p.

CEPF (2010), *Ecosystem profile of the Mediterranean Basin Biodiversity hotspot*, Conservation International, Washington D.C., USA, 251-p.

CORREA AYRAM C.A., MENDOZA M.E., ETTER A. *et al.*, 2015, habitat connectivity in biodiversity conservation : A review of recent studies and applications, *Progress in Physical Geography*, [online].

DOI : 10.1177/0309133315598713

DALE P.E.R., CONNELLY R., (2012), Wetlands and human health : an overview, *Wetlands Ecology and Management*, vol. 20, p. 165-171.

DOI : 10.1007/s11273-012-9264-4

DAVIDSON N.C., (2014), How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area, *Marine and Freshwater Research*, vol. 65, n° 10, p. 934-941.

DOI : 10.1071/MF14173

DAY J.W., CHRISTIAN R.R., BOESCH D.M. *et al.*, (2008), Consequences of Climate Change on the Ecogeomorphology of Coastal Wetlands, *Estuaries and Coasts*, vol. 31, p. 477-491.

DOI : 10.1007/s12237-008-9047-6

DIRECTION DE L'AGRICULTURE, (2009), *Bilan annuel sur l'activité agricole et pastorale dans la plaine de Sig et d'Elhabra*, Document technique, wilaya de Mascara, 34 p.

FAO, (2010), *FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics*. Food and Agriculture Organization, Rome, 78 p.

FINLAYSON C.M., DAVIDSON N.C., (1999), *Global review of wetland resources and priorities for wetland inventory*, Environmental Research Institute of the Supervising Scientist / Wetlands International, Darwin, 9 p.

GALEWSKI T., COLLEN B., MCRAE L. *et al.*, (2011), Long-term trends in the abundance of Mediterranean wetland vertebrates : from global recovery to localized declines, *Biological Conservation*, vol. 144, p. 1392-1399.

DOI : 10.1016/j.biocon.2010.10.030

GIEC, (2013), *Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K. *et al.* (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, 1535 p.

GREEN A.J., ELHAMZAOUI M., EL AGBANI M.A., FRANCHIMONT J., (2002), The conservation status of Moroccan wetlands with particular reference to waterbirds and to changes since 1978, *Biological Conservation*, vol. 104, p. 71-82.

DOI : 10.1016/S0006-3207(01)00155-0

HADDAD N.M. , BRUDVIG L.A, CLOBERT J. *et al.*, (2015), Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems, *Science Advances*, vol. 1, e1500052.

DOI : 10.1126/sciadv.1500052

HÜTTICH C., RESCHKE J., KEIL M. *et al.*, (2011), Using the Landsat Archive for the Monitoring of Mediterranean Coastal Wetlands : Examples from the GlobWetland-II Project. *Earthzine*, [online].

IBAÑEZ C., PRAT N., CANICIO A., (1996), Changes in the hydrology and sediment transport produced by large dams on the lower Ebro river and its estuary, *River Research and Applications*, vol. 12, p. 51-62.

DOI : 10.1002/(SICI)1099-1646(199601)12:1<51::AID-RRR376>3.0.CO;2-I

JONES K., LANTHIER Y., van der VOET P. *et al.*, (2009), Monitoring and assessment of wetlands using Earth Observation : the GlobWetland project, *Journal of Environmental Management*, vol. 90, n° 7, p. 2154-69.

DOI : 10.1016/j.jenvman.2007.07.037

JOUVE A.-M., (2002), Cinquante ans d'agriculture marocaine, in BLANC P. (dir.), *Du Maghreb au Proche-Orient : les défis de l'agriculture*, L'Harmattan, Paris, France, p. 51-71.

JUNK W.J., SHUQING A., FINLAYSON C.M. *et al.*, (2013), Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change : a synthesis. *Aquatic Sciences*, vol. 75, p. 151-167.

DOI : 10.1007/s00027-012-0278-z

KAYRANLI B., SCHOLZ M., MUSTAFA A. *et al.*, (2010), Carbon Storage and Fluxes within Freshwater Wetlands : a Critical Review, *Wetlands*, vol. 30, p. 11-124.

KEESING F., OSTFELD R.S., (2015), Is biodiversity good for your health?, *Science*, vol. 349, p. 235-236.

DOI : 10.1126/science.aac7892

LEHNER B., DOLL P., (2004), Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands, *Journal of Hydrology*, vol. 296, p. 1-22.

DOI : 10.1016/j.jhydrol.2004.03.028

LUDWIG W., MEYBECK M., ABOUSAMRA F., (2003), *Riverine transport of water, sediments and pollutants to the Mediterranean Sea, MAP Technical Report Series, vol. 14.*, UNEP/MAP, Athens, 111 p.

MAGNIN G., YARAR M., (1997), *Important Bird Areas in Turkey*, Dogal hayati Koruma Dernegi, Istanbul, 313 p.

MARGAT J., (2008), *L'eau des Méditerranéens : situation et perspectives*, L'Harmattan, Paris, France, 288 p.

MEDDI M., TALIA A., MARTIN C., (2009), Évolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie), *Physio-Géo*, vol. 3, p. 61-84.

DOI : 10.4000/physio-geo.686

MEDITERRA, (2008), *Les futurs agricoles et alimentaires en Méditerranée*, Centre international des hautes études agronomiques méditerranéennes, Presses de Sciences Po, Paris, France, 368 p.

MEDITERRA, (2009), *Repenser le développement rural en Méditerranée*, Centre international des hautes études agronomiques méditerranéennes, Presses de Sciences Po, Paris, France, 387 p.

NAKHLI S., (2010), Pressions environnementales et nouvelles stratégies de gestion du littoral marocain, *Méditerranée*, vol. 115, p. 33-42.

NAVEDO J.G., MASERO J.A., SANCHEZ-GUZMAN J.M *et al.*, (2012), International importance of Extremadura, Spain, for overwintering migratory dabbling ducks : a role for reservoirs, *Bird Conservation International*, vol. 22, p. 316-327.

OZHM, (2012 a), *Les zones humides méditerranéennes : Enjeux et perspectives, Rapport technique*, Tour du Valat, Arles, 126 p.

OZHM, (2012 b), *Biodiversité – État et tendances des espèces des zones humides méditerranéennes, Dossier thématique n°1*, Tour du Valat, Arles, 52 p.

OZHM, (2014), *Occupation du sol – Dynamiques spatiales de 1975 à 2005 dans les zones humides littorales méditerranéennes. Dossier thématique n° 2*, Tour du Valat, Arles, 48 p.

PERGENT G., BAZAIRI H., BIANCHI C.-N. *et al.*, (2012), *Les herbiers de Magnoliophytes marines de Méditerranée : résilience et contribution à l'atténuation des changements climatiques, Résumé*, IUCN, Málaga, 40 p.

PERENNOU C., BELTRAME C., GUELMAMI A., TOMAS VIVES P., CAESSTEKER P., (2012), Existing areas and past changes of wetland extent in the Mediterranean region: an overview, *Ecologia Mediterranea*, vol. 38, p. 53-66.

DOI : 10.3406/ecmed.2012.1316

PRIGENT C., PAPA F., AIRES F. *et al.*, (2012), Changes in land surface water dynamics since the 1990's and relation to population pressure, *Geophysical Research Letters*, vol. 39, 08403, 5 p., [DOI : 10.1029/2012GL051276].

DOI : 10.1029/2012GL051276

RHAZI L., GRILLAS P., SABER E.R. *et al.*, (2012), Vegetation of Mediterranean temporary pools : a fading jewel?, *Hydrobiologia*, vol. 689, p. 23-36.

SEFFER J., YALINCA G.K., FULLER W., *et al.*, (2011), *Management plan for Famagusta Wetlands*, SEPA, 50 p.

SKIDMORE, A.K., PETTORELLI, N. *et al.*, (2015). Agree on biodiversity metrics to track from space. *Nature*, vol. 523, p. 403-405.

STANLEY D.J., WARNE A.G., (1993), Nile Delta : recent geological evolution and human impact, *Science*, vol. 260, p. 628-634.

DOI : 10.1126/science.260.5108.628

THOMLINSON J.R., BOLSTAD P.V., COHEN W.B., (1999), Coordinating methodologies for scaling land cover classifications from site-specific to global : steps toward validating global map products, *Remote Sensing of Environment*, vol. 70, p. 16-28.

UNEP / MAP-PLAN BLEU, (2009), *State of the Environment and Development in the Mediterranean*, UNEP / MAP-Plan Bleu, Athens, 200 p.

VAN den BROECKA M., WATERKEYN A., RHAZI L., GRILLAS P., BRENDONCKA L. (2015), Assessing the ecological integrity of endorheic wetlands, with focus on Mediterranean temporary ponds, *Ecological Indicators*, vol. 54, p. 1–11.

DOI : 10.1016/j.ecolind.2015.02.016

VASCHALDE D. (2014), *Services écologiques rendus par les zones humides en matière d'adaptation au changement climatique. État des lieux des connaissances et évaluation économique*. Rapport technique, Plan Bleu, Tour du Valat, 74 p.

VERCUEIL J., (1982), *Systèmes de suivi pour le développement agricole – Annexe 1 : Le système de suivi des effets de l'Office de mise en valeur agricole du Loukkos(Maroc)*, Food and Agriculture Organization Rome, 84 p.

VERHOEVEN J.T.A., ARHEIMER B., YIN C., HEFTING M., (2006), Regional and global concerns over wetlands and water quality, *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 21, p. 96-103.

DOI : 10.1016/j.tree.2005.11.015

Attachment





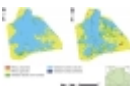


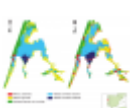
-
- Tableau 1 (application/pdf – 142k)

Notes

1 Million d'hectares.

2 Groupe intergouvernemental d'évaluation des changements climatiques

List of illustrations

| | | |
|---|----------------|--|
| | Title | Fig. 1 |
|  | Caption | Localisation des 214 zones humides littorales étudiées autour du Bassin méditerranéen |
| | Credits | Source : © OZHM, 2014. |
| | URL | http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8046/img-1.jpg |
| | File | image/jpeg, 132k |
| | Title | Tableau 2 |
|  | Caption | Évolution en surface et en % des principaux types d'habitats suivis sur les 214 sites, entre 1975 et 2005 |
| | Credits | Sources : C. Beltrame, C. Perennou, A. Guelmami. |
| | URL | http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8046/img-2.jpg |
| | File | image/jpeg, 52k |
| | Title | Fig. 2 |
|  | Caption | Évolution des superficies cumulées d'habitats humides naturels, humides artificiels et naturels terrestres pour les 214 sites de l'étude entre 1975 et 2005 (en km ²) |
| | Credits | Sources : C. Beltrame, C. Perennou, A. Guelmami. |
| | URL | http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8046/img-3.png |
| | File | image/png, 4.7k |
| | Title | Tableau 3 |
|  | Caption | Taux de perte de milieux humides dans le monde, en fonction des méthodes, de la zone concernée et de l'objet précis du suivi |
| | Credits | Sources : C. Beltrame, C. Perennou, A. Guelmami. |
| | URL | http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8046/img-4.jpg |
| | File | image/jpeg, 28k |
| | Title | Fig. 3 |
|  | Caption | Évolution de l'occupation du sol dans les marais de la Macta (nord-ouest de l'Algérie) entre 1975 (carte A) et 2005 (carte B) |
| | Credits | Source : ©GlobWetland II / ESA, 2014 |
| | URL | http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8046/img-5.jpg |
| | File | image/jpeg, 424k |
| | Title | Fig. 4 |
|  | Caption | Localisation, capacité de stockage (en millions de m ³) et année de création des barrages situés sur les principaux cours d'eau du bassin versant de la Macta au nord-ouest de l'Algérie |
| | Credits | Source : © OZHM, 2014 / fond de carte ©ArcGIS World Imagery 2010. |
| | URL | http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8046/img-6.jpg |
| | File | image/jpeg, 752k |
| | Title | Fig. 5 |
|  | Caption | Transformation des habitats humides naturels en habitats humides artificiels entre 1975 (Carte A) et 2005 (Carte B) à Sinnéra et San El-Hagar dans le Delta du Nil |
| | Credits | Source : ©GlobWetland II / ESA, 2014). |
| | URL | http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8046/img-7.jpg |
| | File | image/jpeg, 304k |
|  | Title | Fig. 6 |
| | Caption | Conversion des habitats humides naturels en terres agricoles, elles-mêmes converties en terres urbanisées entre 1975 (Carte A) et 2005 (Carte B) dans l'estuaire de l'Aveiro au nord-ouest du Portugal |
| | Credits | Source : © OZHM, 2014. |

| | |
|----------------|---|
| URL | http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8046/img-8.png |
| File | image/png, 149k |
| Title | Fig. 7 |
| Caption | Recul du trait de côte entre 1975 et 2010 à l'embouchure de l'Èbre |
| Credits | Source : © OZHM, 2014 / fond de carte ©ArcGIS World Imagery 2010. Nota : l'image de fond de carte correspond à 2010. |
| URL | http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8046/img-9.jpg |
| File | image/jpeg, 447k |

References

Bibliographical reference

Coralie Beltrame, Christian Perennou and Anis Guelmami, "Évolution de l'occupation du sol dans les zones humides littorales du Bassin méditerranéen de 1975 à 2005", *Méditerranée*, 125 | 2015, 97-111.

Electronic reference

Coralie Beltrame, Christian Perennou and Anis Guelmami, "Évolution de l'occupation du sol dans les zones humides littorales du Bassin méditerranéen de 1975 à 2005", *Méditerranée* [Online], 125 | 2015, Online since 01 November 2017, connection on 25 July 2023. URL: <http://journals.openedition.org/mediterranee/8046>; DOI: <https://doi.org/10.4000/mediterranee.8046>

This article is cited by

- Perennou, Christian. Guelmami, Anis. Paganini, Marc. Philipson, Petra. Poulin, Brigitte. Strauch, Adrian. Tottrup, Christian. Truckenbrodt, John. Geijzendorffer, Ilse R.. (2018) *Advances in Ecological Research Next Generation Biomonitoring: Part 1*. DOI: 10.1016/bs.aecr.2017.12.002
- Leberger, Roxanne. Geijzendorffer, Ilse R.. Gaget, Elie. Gwelmmami, Anis. Galewski, Thomas. Pereira, Henrique M.. Guerra, Carlos A.. (2020) Mediterranean wetland conservation in the context of climate and land cover change. *Regional Environmental Change*, 20. DOI: 10.1007/s10113-020-01655-0
- Folega, Fousséni. Kanda, Madjouma. Fandjinou, Kossi. Bohnett, Eve. Wala, Kperkouma. Batawila, Komlan. Akpagana, Koffi. (2023) Flora and Typology of Wetlands of Haho River Watershed, Togo. *Sustainability*, 15. DOI: 10.3390/su15032814
- Farah, Tahar. Taibi, Nasr-Eddine. Chouieb, Mohamed. (2022) Evolution of Land Cover in the Traras MTS. Region Between 1984 and 2020 by Remote Sensing and Gis (Northwest Algeria). *Ekológia (Bratislava)*, 41. DOI: 10.2478/eko-2022-0038
- Mostari, Abbassia. Benabdeli, Kheloufi. Ferah, Tahar. (2021) Assessment of the impact of urbanisation on agricultural and forest areas in the coastal zone of Mostaganem (western Algeria). *Ekológia (Bratislava)*, 40. DOI: 10.2478/eko-2021-0025
- Gaget, Elie. Galewski, Thomas. Jiguet, Frédéric. Guelmami, Anis. Perennou, Christian. Beltrame, Coralie. Le Viol, Isabelle. (2020) Antagonistic effect of natural habitat conversion on community adjustment to climate warming in nonbreeding waterbirds. *Conservation Biology*, 34. DOI: 10.1111/cobi.13453

- Fathi, Badreddine. Salame, Bouchra. Afilal Tribak, Abdelghani. Wahbi, Miriam. Maâtouk, Mustapha. (2021) Evaluation of the physicochemical and bacteriological quality of the Loukkos wetlands complex (Morocco). *E3S Web of Conferences*, 234. DOI: 10.1051/e3sconf/202123400023
- Balbo, Andrea L.. Martinez-Fernández, Julia. Esteve-Selma, Miguel-Angel. (2017) Mediterranean wetlands: archaeology, ecology, and sustainability. *WIREs Water*, 4. DOI: 10.1002/wat2.1238

About the authors

Coralie Beltrame

Chef de projet, Département « Suivi-évaluation et politiques zones humides », La Tour du Valat, Le Sambuc, 13200 Arles, beltrame@tourduvalat.org

Christian Perennou

Chef de projet, Département « Suivi-évaluation et politiques zones humides », La Tour du Valat, Le Sambuc, 13200 Arles, perennou@tourduvalat.org

Anis Guelmami

Chef de projet, Département « Suivi-évaluation et politiques zones humides », La Tour du Valat, Le Sambuc, 13200 Arles, guelmami@tourduvalat.org

Copyright

All rights reserved