



2015

Rapport



Intégration de la variabilité et des changements climatiques dans les stratégies nationales GIZC

Contribution à l'actualisation du plan de gestion intégrée des zones côtières de l'archipel de Kerkennah

UNIGE/GRID-Genève PNUE/GRID-Genève

Global Change & Vulnerability Unit
11, ch. des Anémones
1219 Châtelaine
Genève – Suisse

<http://www.grid.unep.ch>

Plan Bleu

15, rue Beethoven
Sophia Antipolis
06560 Valbonne, France

<http://planbleu.org>

GWP Med

12, Kyrristou Str.
105 56 Athènes, Grèce

<http://www.gwpmed.org>

Auteurs

Bruno Chatenoux, Karin Allenbach (UNIGE/GRID-Genève); Pascal Peduzzi (PNUE/GRID-Genève); Antoine Lafitte (Plan Bleu); Sarra Touzi et Meriam Ben Zakour (GWP-Med).

Citation:

Chatenoux, B., Allenbach, K., Peduzzi, P., Lafitte, A., Touzi, S. & Ben Zakour, M. 2015. Intégration de la variabilité et des changements climatiques dans les stratégies nationales GIZC : Contribution à l'actualisation du plan de gestion intégrée des zones côtières de l'archipel de Kerkennah. GRID-Genève, Plan Bleu et GWP Med.

Financement

Cette étude est une des activités du projet ClimVar (projet régional complémentaire du projet MedPartnership impliquant 11 pays de la Méditerranée financé par le FEM). L'agence d'exécution étant l'UNEP MAP, et les partenaires exécutifs l'UNEP/GRID-Genève, le GWP-Med et le Plan Bleu.

Remerciements

Ce rapport n'existerait pas sans l'aide de M. Mahmoud Chihaoui, Directeur Général de l'APAL, M. Adel Abdouli, Directeur de l'Observatoire du Littoral et Point Focal du Projet, Mme Kaouther Houidi, M. Morsi Fekih, ainsi que M. Mohammed Bejaoui de l'APAL pour son soutien logistique.

Les informations et la collaboration de Mme Lucille Etienne de l'Université Paris 7, furent également une source inestimable d'information.

Limite de responsabilité

Les opinions exprimées ne reflètent pas nécessairement les décisions ou les politiques de l'Organisation des Nations Unies. En outre, les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du PNUE aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La présente publication peut être reproduite, en totalité ou en partie, sous n'importe quelle forme, à des fins éducatives ou non lucratives, sans l'autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur, à condition qu'il soit fait mention de la source. Le PNUE souhaiterait néanmoins qu'un exemplaire de l'ouvrage où se trouve reproduit l'extrait pertinent lui soit communiqué.

La présente publication ne peut être ni revendue ni utilisée à d'autres fins commerciales sans autorisation écrite préalable du PNUE.

Intégration de la variabilité et des changements
climatiques
dans les stratégies nationales GIZC

**Contribution à l'actualisation du plan de gestion intégrée des
zones côtières de l'archipel de Kerkennah**

Rapport

Septembre 2015

**Bruno Chatenoux, Karin Allenbach (UNIGE/GRID-Genève)
Pascal Peduzzi (PNUE/GRID-Genève)
Antoine Lafitte (Plan Bleu)
Sarra Touzi, Meriam Ben Zakour (GWP-Med)**

Table des matières

Acronymes et abréviations	4
1. Introduction.....	5
1.1 Réduire les menaces environnementales localement induites pour l'adaptation au changement climatique	5
1.2 Projet de démonstration en Tunisie.....	5
1.3 Kerkennah comme zone d'étude	6
1.4 Méthodologie appliquée	7
1.5 Rapports et produits	9
1.6 Partenaires impliqués	9
2. Contexte.....	9
2.1 Régional (Golfe de Gabès).....	9
2.2 Local (Archipel de Kerkennah).....	10
3. Vulnérabilité locale aux aléas naturels.....	19
4. Erosion côtière et vulnérabilité des moyens de subsistance.....	20
4.1 Erosion côtière.....	20
4.2 Tourisme.....	23
4.3 Agriculture & risques de salinisation des sols	23
4.4 Ressources halieutiques.....	24
5. Utilisation des écosystèmes pour protéger le territoire	24
6. Ecosystèmes et menaces prioritaires identifiées lors des ateliers de consultation	25
7. Analyse Services Menaces Solutions pour les écosystèmes prioritaires.....	28
7.1 Végétation sous-marine	28
7.2 Sebkhass.....	30
8. Centralisation et partage des données	31
8.1 Cartographie numérique des noyaux urbains de Kerkennah.....	31
8.2 Données collectées dans le cadre des activités de KFW	32
8.3 Images aériennes 1939.....	32
8.4 Collecte d'images satellite haute résolution récentes	32
8.5 Détection des changements de couverture de la végétation subaquatique	32
8.6 Répartition de la population.....	33
8.7 Emplacement des nasses de <i>chrafi</i>	35
8.8 Modèles numériques de terrains (MNT)	35
9. Recommandations et conclusions	36
9.1 Recommandations générales	36
Références.....	38
Liens internet	39
Liste des contributeurs	40
Participants à l'atelier I.....	42
Participants à l'atelier II.....	45
Annexes	49
Quantification de l'érosion côtière par Etienne(2014)	49
Données mises à disposition par les partenaires	49
GRID-Genève.....	51
Accès aux données centralisées par le projet.....	58

Acronymes et abréviations

AMP	Aire Marine Protégée
APAL	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral
APIP	Agence des Ports et des Installations des Pêches
DPM	Domaine Public Maritime
GDA	Groupement de Développement Agricole
INS	Institut National de la Statistique (Tunisie)
MNT	Modèle Numérique de Terrain
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
RiVAMP	Risk and Vulnerability Assessment Methodology Development Project
SIG	Système d'Information Géographique

1. Introduction

1.1 Réduire les menaces environnementales localement induites pour l'adaptation au changement climatique

Les populations des petites îles, et *a fortiori* celles qui sont dans des pays en développement, n'ont pas de possibilité d'influencer la diminution des émissions de CO₂ de manière significative. Ces populations subissent les impacts des changements globaux alors qu'elles n'y ont que marginalement contribué, leur seule possibilité d'adaptation (aux changements climatiques) consiste à réduire les impacts localement induits, par une meilleure gestion et préservation des ressources naturelles.

Cette étude se base sur deux approches. D'une part l'analyse des données et une validation terrain pour identifier le statut de l'environnement et d'autre part une consultation des experts nationaux, de la société civile et d'autres acteurs locaux pour comprendre les processus qui ont amené à cette situation, et pour identifier les menaces qui pèsent sur les écosystèmes et les solutions potentielles pour leur préservation.

Par ailleurs, les écosystèmes offrent de multiples services comme le stockage du carbone, la protection des côtes contre l'érosion, la filtration de l'eau, et contribuent à la qualité du paysage et des espaces récréatifs.

En vue d'identifier et de quantifier le rôle de la qualité des écosystèmes dans l'adaptation aux changements climatiques, la démarche du projet s'appuie sur une collecte des données les plus fines possibles. Celles-ci permettent de voir l'évolution de certains phénomènes, mais également la réalisation d'un cadastre des écosystèmes permettant une meilleure considération de ces derniers dans la planification et les développements régionaux ainsi que leurs suivis.

Ce concept se base sur une méthodologie appelée « Risk and Vulnerability Assessment Methodology Development Project (RiVAMP) » qui permet aux décideurs de prendre des décisions éclairées soutenant le développement durable grâce à une meilleure gestion des écosystèmes. À cet égard, les utilisateurs finaux ciblés de RiVAMP sont les décideurs gouvernementaux nationaux et locaux, ainsi que les acteurs clés dans la gestion des ressources naturelles et la gestion des catastrophes.

Le concept de RiVAMP a été développé par le GRID-Genève et testé avec succès dans un contexte d'érosion de plages dans la région de Negril en Jamaïque (UNEP, PIOJ 2010 ; Peduzzi et al. 2013). Le but de cette étude étant de tenter d'adapter ce processus au contexte de l'archipel de Kerkennah en le combinant avec l'approche participative Climagine qui assure une implication structurée de toutes les parties prenantes.

1.2 Projet de démonstration en Tunisie

Le golfe de Gabès de par ses caractéristiques géographiques, géomorphologiques, biologiques et climatiques est mentionné dans la littérature scientifique comme un « modèle réduit de la Méditerranée » et un laboratoire vivant des impacts des changements climatiques en Méditerranée. On y trouve également la biocénose à *Posidonia oceanica* la plus étendue du monde.

C'est dans l'archipel de Kerkennah, situé dans le golfe de Gabès que l'on trouve la structure tigrée des herbiers à *Posidonia oceanica*, écosystème fragile et unique à préserver. Dans un contexte de changement climatique et d'élévation du niveau marin, la prise en compte des risques qu'encourt l'archipel est une urgence de premier plan.

Le rôle des écosystèmes pour la réduction des risques générés par des événements extrêmes est l'un des services écosystémiques les plus sous-évalués. Cependant, il fait l'objet d'un intérêt croissant notamment depuis le tremblement de terre et le tsunami en Asie du Sud en 2004, qui a donné lieu à une prise de conscience internationale de l'importance de la gestion des écosystèmes pour protéger les populations et les infrastructures contre les désastres occasionnés par des événements extrêmes. Les écosystèmes peuvent servir de tampons naturels ou de barrières de protection, notamment par la réduction des crues, la stabilisation des pentes et la protection des côtes contre les tempêtes. Par ailleurs, ils augmentent les capacités d'adaptation des communautés à ces événements en leur servant de moyen de subsistance. Par exemple, les herbiers de posidonie peuvent réduire l'impact des ondes de tempête en dissipant l'énergie des vagues, préserver les plages de l'érosion grâce à l'accumulation de débris de végétaux (banquettes) sur

le rivage, diminuer rapidement la turbidité de l'eau grâce à la sédimentation rapide des particules mises en suspension, tout en fournissant des habitats naturels pour la reconstitution des stocks de poissons.

Sur l'archipel de Kerkennah, la ressource halieutique est l'un des services écosystémiques qui a le plus d'importance pour l'économie locale. C'est toutefois, celui qui fait l'objet d'une plus grande menace en raison de pratiques de pêche illégales et non durables. L'herbier de posidonie est l'écosystème marin prédominant, son rôle écologique est considérable (oxygénation, stabilisation des fonds, production de matière organique, source de nourriture, zone de frayère et refuge pour de nombreux organismes). La végétation terrestre, joue aussi un rôle important pour la réduction de l'érosion et contre la salinisation des sols.

L'une des préoccupations majeures dans un contexte de changement climatique est l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes hydrométéorologiques extrêmes qui se traduira par une augmentation correspondante du nombre ou de l'amplitude des événements catastrophiques. Au cours des deux dernières décennies (1988-2007), 76 % des catastrophes mondiales étaient hydrométéorologiques, représentant 45 % du total des décès et 79 % du total des pertes économiques des catastrophes naturelles. En outre, le changement climatique va affecter des facteurs sous-jacents de la vulnérabilité, tels que l'insécurité alimentaire, les services écosystémiques et les phénomènes de migration, et donc augmenter le risque. Avec l'élévation du niveau de la mer, le changement climatique va intensifier l'impact des ondes de tempête, accroître l'érosion côtière, ainsi que la salinisation des sols et de la nappe phréatique ; phénomènes déjà observés sur l'archipel de Kerkennah.

Trois volets ont permis de contribuer aux résultats présentés dans ce rapport :

1. La collecte et la centralisation de données sur l'archipel de Kerkennah, ainsi que la collecte et l'extraction d'informations des études et rapports existants.
2. La consultation d'experts nationaux, locaux, de la société civile et des autres acteurs locaux (décideurs, représentants des pêcheurs,...).
3. Une campagne de terrain pour l'observation des impacts.

La combinaison de ces trois approches a permis de mettre en évidence l'importance et le rôle de certains écosystèmes, des menaces qui pèsent sur eux, ainsi que l'identification des solutions envisageables pour leur préservation et restauration. Ces constats permettent de donner des recommandations pour la mise en place d'actions permettant de réduire les menaces locales, et de ce fait, d'améliorer le potentiel d'adaptation au changement climatique. Le rassemblement des données et des rapports, permettra leur accès facilité par toute sorte d'acteurs et participera au renforcement des capacités de la mise en place des politiques publiques et d'aménagement du territoire, protectrices des écosystèmes.

1.3 Kerkennah comme zone d'étude

L'archipel de Kerkennah, situé dans le golfe de Gabes, a été sélectionné pour sa vulnérabilité aux variations et aux changements climatiques, sa richesse écologique et pour disposer d'un nombre conséquent de données y compris environnementales.

L'archipel de Kerkennah est composé de deux îles principales, l'île Chargui (ou grande Kerkennah) et l'île Gharbi (ou Mellita), et d'un ensemble de douze îlots. Les zones côtières de l'archipel sont constituées par des "rivages" plutôt que des plages qui sont caractérisés par des espaces très limités.

Le milieu physique marin de l'archipel est très dynamique et polymorphe. Il se caractérise par l'importance du phénomène des marées ce qui peut constituer un handicap d'envergure dans la fixation du rivage ainsi que la fixation des isobathes autour de l'archipel. L'archipel dispose de nombreux chenaux sous-marins qui lui confèrent un paysage topographique spécifique. Ces chenaux ont un effet considérable sur la dynamique marine et figurent parmi les mécanismes explicatifs de l'évolution de la côte.

La présence de certains écosystèmes comme le corail ou l'herbier de posidonie libère du matériel qui peut être soit poussé vers le large soit poussé vers le rivage causant une abondance sédimentaire à ce niveau¹.

¹ Ce phénomène est observé dans le cas Jamaïcain, étudié par le GRID-Genève, où les débris produits par la destruction des coraux sont entraînés vers la zone basse de la plage sous-marine par gravitation et s'y accumulent.

L'hydrodynamisme au niveau de l'archipel de Kerkennah n'est pas favorable à ce phénomène de reconstruction des rivages qui peut aider à remédier à l'érosion anthropique.

Certaines zones de l'archipel, El Attaya et El Krakna, enregistrent souvent des inondations qui seraient dues à l'élévation du niveau de la nappe et l'absence d'infrastructures pour l'évacuation des eaux de pluie.

La population de l'archipel est estimée à environ 15 000 habitants en hiver et peut atteindre 200 000 habitants pendant la saison estivale notamment avec le retour pour les vacances des originaires de l'archipel et l'arrivée des touristes. Cette pression démographique saisonnière constitue un grand défi pour la planification au niveau de l'archipel.

La principale activité économique dans l'archipel est la pêche qui se caractérise par l'utilisation de techniques ancestrales de piégeage et de capture. Les *chrafis* sont des pêcheries côtières fixes ayant la forme d'un labyrinthe et utilisées dans les zones à fonds élevés et à grand marnage. Ces techniques traditionnelles autrefois respectables de l'environnement voient aujourd'hui leurs matériaux de construction biodégradables de plus en plus remplacés par des produits synthétiques.

Une autre technique de pêche caractéristique de l'archipel est la pêche aux gargoulettes pour la capture du poulpe. Aujourd'hui, cette technique est utilisée de manière intensive.

Il n'existe pas de tradition agricole ancrée dans l'archipel. Toutefois, certaines cultures caractéristiques sont menacées à cause de la pression anthropique et de l'abandon de l'activité ; à l'instar du palmier dattier qui représente un patrimoine génétique de grande importance.

L'archipel de Kerkennah dispose de nombreux sites archéologiques qui témoignent de l'importance du rôle joué par cette région à travers l'histoire. Ce patrimoine culturel est lui aussi menacé par le phénomène de l'érosion couplé aux activités anthropiques.

L'archipel connaît par ailleurs un important problème de gestion des déchets. En effet, une grande partie des déchets solides de l'archipel finit dans les *sebkhas* (zones basses arides et salées), les terrains vagues ou les eaux de la Méditerranée.

Les eaux usées ne sont collectées dans l'île qu'à raison de 20 %. De plus, les eaux traitées sont rejetées à trop grande proximité du rivage.

Des concessions d'extraction du gaz et du pétrole à proximité des côtes de l'archipel ont également été octroyées depuis quelques années.

1.4 Méthodologie appliquée

Le projet régional intitulé « Intégration de la variabilité et du changement climatique (CVC) dans les stratégies nationales de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) » (ClimVar) est un projet complémentaire du projet MedPartnership. Une des activités du projet se concentre sur l'évaluation des coûts environnementaux et socio-économiques de la variabilité et des changements climatiques dans les zones côtières dans le but de contribuer à l'élaboration ou l'actualisation des plans de gestion intégrée des zones côtières.

L'analyse s'appuie sur le modèle RiVAMP qui fonde ses résultats simultanément sur des modèles scientifiques et des consultations qualitatives, afin de démontrer le rôle des écosystèmes dans la réduction des risques de catastrophe et la réduction des impacts liés aux changements climatiques. En revanche, dans le cadre du projet ClimVar, les consultations se basent sur la démarche participative *Climagine* afin de fournir une implication structurée des parties prenantes dans la planification pour l'avenir de la zone côtière de l'archipel de Kerkennah.

La méthode *Climagine* découle de la méthode *Imagine*, une méthode participative basée sur des indicateurs de développement durable, la méthode des scénarios et l'expertise partagée des acteurs locaux. Le Plan Bleu utilise cette méthode (en partenariat avec le CAR/PAP) depuis les années 2000 dans divers projets pour la GIZC, en Algérie, au Liban, en France, en Slovénie et en Espagne. Chaque fois sa mise en œuvre est différente car elle doit s'adapter au contexte local mais dans tous les projets elle a rencontré un grand intérêt, pour devenir l'épine dorsale de la gestion intégrée du littoral.

L'implication des parties prenantes est une condition *sine qua non* à la réussite de la GIZC. Pour le cas de notre étude à Kerkennah, nous nous intéressons, comme décrit précédemment, à quantifier le rôle joué par les écosystèmes dans la réduction des risques de catastrophe et la réduction des impacts liés au changement climatique. Etant donné qu'il s'agit d'un domaine avec un certain degré d'incertitude scientifique, le rôle des acteurs locaux, en tant qu'experts à leur niveau, dans le processus de propositions d'actions stratégiques d'adaptation aux impacts du changement climatique est encore plus important.

Climagine s'est articulé autour de trois ateliers participatifs. Le premier, une consultation nationale, a eu lieu le 19 juin 2014 à Tunis, le second, une consultation locale, a eu lieu à Kerkennah en janvier 2015, tandis que le troisième a fait l'objet d'une double restitution en juillet 2015 à Tunis (restitution nationale) et à Kerkennah (restitution locale).

La finalité du travail envisagé dans le cadre de cette activité de participation est (i) d'identifier des sites côtiers vulnérables aux conséquences environnementales et socioéconomiques du changement et de la variabilité climatique de l'archipel, (ii) de proposer des mesures visant à atténuer et à s'adapter aux conséquences des changements attendus et (iii) de formuler des orientations stratégiques à intégrer dans l'actualisation du plan de gestion. Cette activité de participation s'est basée sur des travaux d'expertise collective et des résultats de l'étude de vulnérabilité du littoral Tunisien face à l'élévation du niveau de la mer due au changement climatique réalisée par l'Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL). Les adaptations aux impacts du changement climatique permettraient de réduire considérablement les dommages économiques, sociaux et environnementaux potentiels. Les mesures d'adaptation proposées devraient être incorporées dans les plans et documents stratégiques de développement et d'aménagement appropriés aussi bien à l'échelle locale que nationale.

Comme il s'agit d'une expérience pionnière en Tunisie en matière d'intégration des considérations climatiques dans la planification côtière, nous nous attendons à ce que cette expérience significative serve à la gestion nationale des zones côtières, qu'elle soit utile dans d'autres territoires côtiers, et que certaines des mesures proposées soient prises en compte tant par les organismes nationaux que régionaux tunisiens pour la gestion des zones côtières.

Dans cette perspective, le premier atelier de concertation visait à :

- Construire une compréhension commune de l'écosocio -système de l'archipel de Kerkennah et faire un état des lieux des données de l'APAL déjà acquises et aussi solliciter d'autres fournisseurs de données utiles pour l'étude.
- Identifier les facteurs prédominants de l'érosion côtière et les risques associés pour le développement socio-économique de l'archipel.
- Identifier les données potentiellement utiles et disponibles.

L'objectif général du second atelier de consultation fut, après une phase de travail analytique avec les responsables de l'APAL, de se rendre *in situ* et de mobiliser l'expertise et la connaissance locale pour affiner l'appréciation des rôles des écosystèmes et de mieux comprendre les dynamiques organisationnelles locales.

Le deuxième atelier *Climagine* avait pour objectifs principaux :

- l'identification des principaux moyens de subsistances et des écosystèmes de l'archipel ;
- la mise en exergue des processus de dégradation au niveau de l'archipel ;
- la conduite d'une analyse « Service-Menace-Solution » permettant de faire ressortir :
 - les rôles joués par les différents écosystèmes et les services qu'ils offrent pour réduire la vulnérabilité à la variabilité et au changement climatique,
 - l'identification des menaces qui pèsent sur les écosystèmes
 - et les potentielles solutions à ces menaces ;
- la révision de la présélection des zones potentielles d'étude.

Le troisième atelier a été l'occasion de présenter les résultats des travaux ainsi que des recommandations stratégiques en vue de la révision du plan de gestion intégrée des zones côtières de Kerkennah.

	oct-13	Nov-13 à Mai-14	juin-14	Juil-14 à Déc-14	janv-15	Fév-15 à Juin-15	juil-15
Réunion de lancement à Tunis							
Analyses des données disponibles / Prise de contact avec l'APAL et avec de possible fournisseurs de données / Analyses bibliographiques							
Premier atelier de consultation (National)							
Production de cartes SIG (densité de l'habitat, herbiers marins, sites de pêches, ...) et analyse de télédétection							
Second atelier de consultation (Local)							
Finalisation des produits cartographiques / Création de la plateforme / Rédaction des livrables							
Troisième atelier de consultation (Restitutions des travaux au niveau (national et local)							

Figure 1 Calendrier des activités du projet

1.5 Rapports et produits

En plus du présent document, un document de synthèse et des rapports des ateliers de consultation participative ainsi qu'une base de données géographiques (projet SIG QGIS) ont été créés et sont disponibles pour le téléchargement à l'adresse <http://kerkennah.grid.unep.ch/>, associés à un ensemble de documents relatifs aux problématiques traitées dans ce projet.

1.6 Partenaires impliqués

L'étude a été mise en œuvre grâce à la collaboration entre les partenaires suivants :

- APAL : M. Mahmoud Chihaoui, M. Adel Abdouli, Mme Khaouter Ben Houidi, M. Morsi Feki ;
- GRID-Genève : M. Bruno Chatenoux, Mme. Karin Allenbach, M. Pascal Peduzzi & M. Jean-Philippe Richard ;
- Global Water Partnership Mediterranean (GWP-Med) : Mme. Sarra Touzi, Mme. Meriam Ben Zakour;
- Plan Bleu : M. Antoine Lafitte.

Plusieurs autres partenaires ont été consultés et ont contribué à l'élaboration de l'étude à travers l'apport de leur expertise et de la fourniture d'informations. La liste complète des partenaires consultés est donnée en annexe.

2. Contexte

2.1 Régional (Golfe de Gabès)

Le golfe de Gabès présente une spécificité régionale (dans le contexte méditerranéen) de par sa géomorphologie et son écosystème le classant parmi les mers à forte production primaire (Barale, 1994), avec une grande importance socio-économique depuis l'antiquité, faisant de ce dernier un modèle réduit de la mer Méditerranée.

La configuration unique du golfe de Gabès a permis l'établissement d'un système littoral marin naturel remarquable tel que le développement de la biocénose à *Posidonia oceanica* la plus étendue du monde (qui s'étend jusqu'au golfe de Syrte en Libye) (Ben Mustapha and Alfi, 2007). Ces vastes champs d'herbiers de phanérogames favorisent la reproduction et le développement de nombreuses espèces marines. Cependant l'extension des herbiers à Posidonie est en régression, tout comme les prairies à cymodocées qui ont même disparu dans certaines zones. Seuls les herbiers à Posidonies situés au large de l'archipel de Kerkennah ne présentent pas encore de tendance régressive. Cependant leur structure tigrée les rend très vulnérable à toute agression de par la largeur réduite (1 à 2 m) des éléments structurants (Hamza et al., 2000). En raison de leur rareté et des pressions encourues, les herbiers tigrés sont des édifices à grande valeur patrimoniale, nécessitant de toute urgence une politique efficace de conservation (Pergent et al., 2010).

La concomitance des caractéristiques physiques et hydrologiques suivantes ; très faibles profondeurs, grandes amplitudes de marée et présence de chenaux et d'étranglement a caractérisé cette zone comme étant le lieu où l'on trouve les courants les plus importants de la Méditerranée (Abdouli A. communication interne).

Contrairement à la plupart des côtes méditerranéennes où la marée est imperceptible, l'amplitude de la marée est importante et maximale au sud du golfe de Gabès (2 m en période de vives eaux) (Serbaji, 2000) avec des vitesses de courant pouvant aller jusqu'à 2 m/s dans la passe d'El Kantara.

Les courants de marée varient généralement en fonction des courants de houles et des vents. Les courants engendrés par les vents pouvant être 2 à 5 fois plus forts que les courants de marées. Ils jouent un rôle prépondérant dans le transport et la dispersion des polluants et des sédiments le long du littoral (Drira, 2009). Les interactions très complexes entre la marée, le vent et les mouvements de la masse d'eau créent des courants marins et donc des dynamiques sédimentaires imprévisibles et très variables.

Les ressources halieutiques sont très importantes dans le golfe de Gabès en raison de conditions climatiques, géomorphologiques, océaniques et environnementales favorables. Cependant cette région concentre également différentes activités socio-économiques (urbanisation, agriculture, industries, exploitations pétrolières, pêche,...) qui ont des impacts négatifs sur les écosystèmes et donc sur les ressources naturelles qui en dépendent. Drira (2009) mentionne une augmentation de la fréquence des phénomènes d'eutrophisation, ainsi que la dégradation et la perte de surfaces étendues de couvert végétal au cours de ces dernières décennies.

Les deux tiers de la production halieutique tunisienne proviennent de la région du golfe de Gabès (C.G.P., 1996) qui concentre environ 75% des chalutiers, deux tiers de la flotte nationale et 62% de la population maritime tunisienne (Missaoui et al., 2000). 29 % des produits de la pêche du gouvernorat de Sfax proviennent des eaux littorales de l'archipel de Kerkennah (Mounir, 2004).

2.2 Local (Archipel de Kerkennah)

L'archipel de Kerkennah est situé à 20 km au large de Sfax dans le golfe de Gabès, il est composé de deux îles principales : Gharbi et Chergui et de douze îlots : Charmandia, Sefnou, Roummadia, Gremdi, Lazdad, Er Rakadia, plus les six îlots de Hadj Hmida. Il est allongé selon une orientation Sud-ouest Nord-est et mesure près de 35 km de long pour 11 km de large pour une superficie de 160 km² et comprend 162 km de côte.

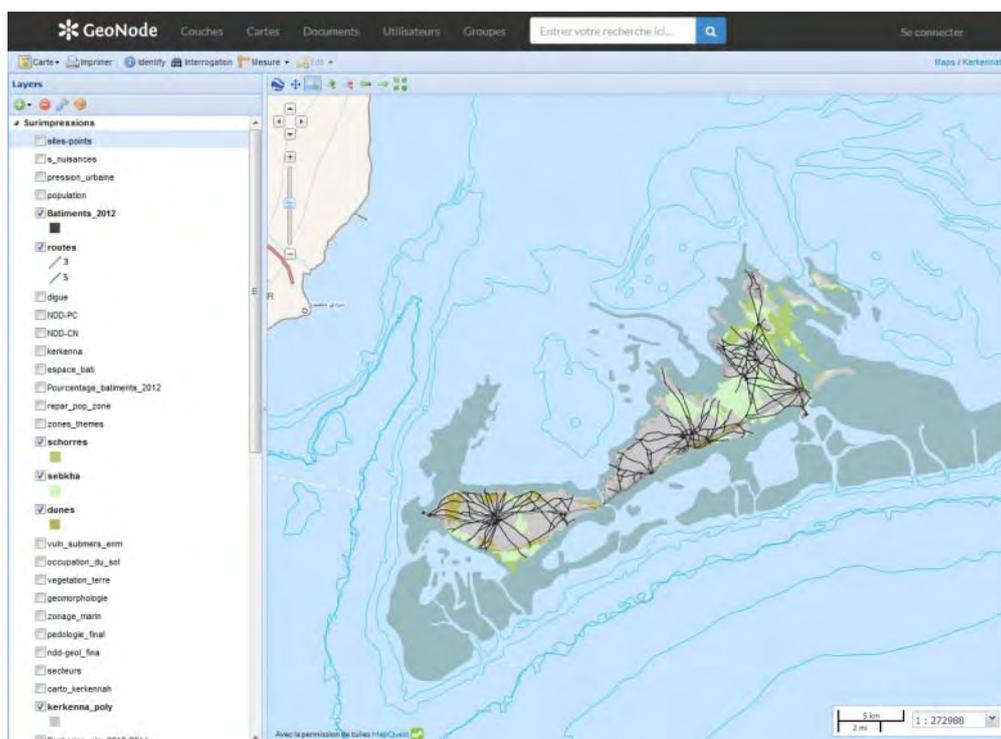


Figure 2 Carte générale de l'archipel de Kerkennah
(source : <http://kerkennah.grid.unep.ch/maps/59/view>)

L'archipel de Kerkennah est la partie émergée d'un vaste plateau sous-marin qui s'étend de 9 à 50 Km autour des îles. Sa profondeur moyenne est de 2 m, et varie entre 0 et 5 m, ce plateau est entrecoupé de chenaux pouvant atteindre 20 m et de fosses pouvant atteindre 30 m (Amari, 1984).

2.2.1 Climat

Bien qu'il n'existe aucune station météorologique permanente officielle sur l'archipel de Kerkennah, la comparaison de données ponctuelles provenant de diverses études (APAL, 2001 ; Fehri, 2011) avec les données officielles de la station météorologique de Sfax permet de conclure que l'archipel reçoit la même quantité de précipitations avec toutefois des températures légèrement différentes. La présence de l'humidité de la mer tout autour de l'archipel augmente l'humidité de l'air et diminue la différence de température entre la terre et la mer (Etienne, 2014).

La quantité de précipitation annuelle est très variable d'une année à l'autre et varie généralement entre 100 et 400 mm (Dahech, 2007).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	23,7	14	27	17	4,9	0,9	0,5	1,1	21,5	44	33,7	35,7	223,6
ETP (mm)	37,4	49,6	77,5	107,7	152,2	184,4	199,6	170,2	116,2	80,3	48,5	36,4	1260,0
ETP-P (mm)	13,7	35,6	50,5	90,7	147,7	183,5	199,1	169,1	94,7	36,3	14,8	0,7	1036,4
P/ETP	0,63	0,28	0,35	0,16	0,03	0,00	0,00	0,01	0,19	0,55	0,69	0,98	0,18

Table 1 Eléments du bilan hydrique dans les îles de Kerkennah sur la période 1965-2009 (tiré de Fehri, 2011)

Le calcul du bilan hydrique en Table 1 démontre le déficit hydrique auquel est soumis l'archipel de Kerkennah, résultant en une salinisation des sols causée par la remontée capillaire de la nappe phréatique (composée d'eau généralement saumâtre).

Une station météo a été mise en service fin 2014 sur le toit de la résidence Ennakhla (Dahech, communication personnelle, février 2015).

2.2.2 Population

Année	Population
1890	8'671
1925	13'000
1936	15'130
1946	14'535
1956	13'704
1966	12'587
1975	14'500
1984	14'151
1994	14'062
2004	14'400
2014	15'501

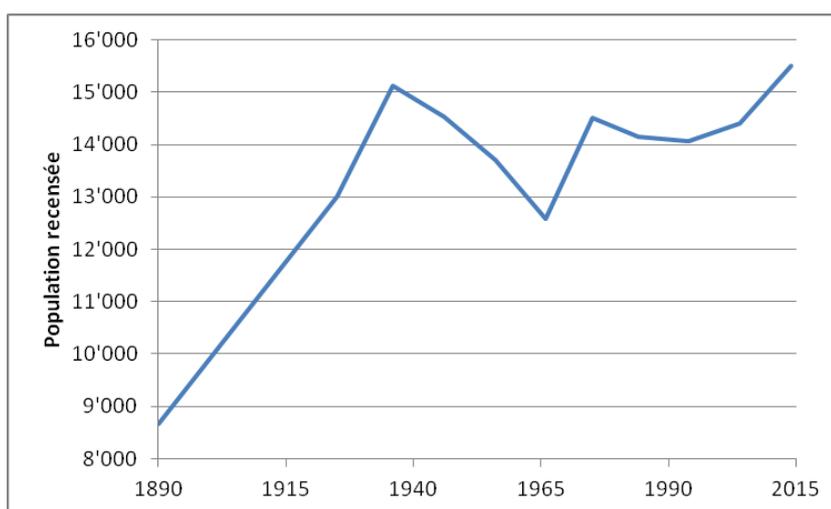


Figure 3 Population de l'archipel de Kerkennah recensée par l'INS (louis 1961, Etienne 2014, INS 2014)

Le nombre de résidents recensés sur l'archipel reste stable depuis plusieurs décennies (Figure 3) avec une population résidente estimée par l'Institut National de la Statistique Tunisien (INS) à 15'501 (100% urbain) en 2014, soit un accroissement (depuis 2004) de 7.7% de la population (valeur nationale 10.8%) dans un contexte de diminution de la taille des ménage (-1.6%) et d'augmentation du nombre de logement (3.6%) (Table 2).

Secteur	Hommes	Femmes	Total	Ménage	Logements
El Ataya	1'548	1'529	3'077	828	1'282
El Ramla	1'067	1'019	2'086	655	1'132
Sidi Frej	313	256	569	207	610
Melita	1'849	1'707	3'556	862	1'265
El Kalabine	393	370	763	226	567
En-Najet	480	762	1'242	276	440
El Chargui	183	170	353	121	548
El Kantra	434	226	660	168	549
El Kraten	568	585	1'153	300	429
Ouled Kacem	492	449	941	290	675
Total 2004	7'327	7'073	14'400	3'933	7'497
Total 2014	7'733	7'768	15'501	3'869	7'770

Table 2 Recensement [2004](#) et [2014](#) (INS)

L'archipel de Kerkennah est confronté à un vieillissement de la population démontré par cette pyramide des âges inversée (Figure 4).



Figure 4 Pyramide des âges [2014](#) pour l'archipel de Kerkennah (INS)

Si le nombre de résidents reste bien connu et relativement stable, celui des visiteurs (principalement durant la saison touristique), reste quand à lui sujet à spéculation. Rhouma et al. (2005) estiment le nombre de visiteurs entre 40'000 et 50'000 par an. En outre, le chiffre de 240'000 visiteurs a été mentionné lors de la réunion d'experts à Tunis en Juin 2014. Cependant cette valeur semble représenter le nombre de passagers des bateaux reliant l'archipel au continent, et la nature ainsi que la durée des séjours restent inconnus. Il conviendrait de calculer le montant des nuitées en hôtellerie et le taux d'occupation des résidences secondaires pour se faire une idée plus précise de la pression générée par la population de visiteurs.

Bien que le taux d'augmentation du nombre de logement soit inférieur à celui de la population (Table 2), la construction intensive de nouveaux bâtiments est très clairement visible (mission de terrain du GRID-Genève, janvier 2015). Ce qui amplifie encore la pression humaine sur les ressources locales en matériaux de construction, telles que le sable ou les roches. Comme l'importation des matériaux de construction du continent triple leurs coûts, une importante quantité de sable et de roche est prélevée illégalement sur place, soit en puisant dans les maigres ressources de plages de sable de l'archipel, ou en creusant des carrières illégales. L'extraction de matériaux de construction illégale a pour conséquences la réduction de l'attractivité touristique, l'accélération de la vitesse d'érosion du littoral et l'accélération de la salinisation des sols et de la nappe phréatique superficielle.

Dans son travail de thèse, Etienne (2014) a cartographié l'évolution des surfaces bâties entre 1963 (119 ha), 1984 (168 ha) et 2010 (719 ha), indiquant que l'extension des surfaces bâties a principalement eu lieu depuis 1984.

Kebaïli Tarchouna (2013) indique que depuis la révolution Tunisienne en 2011, la construction de bâtiments sans permis de construire ne respectant pas la législation d'aménagement du territoire était devenue plus fréquente. Notamment à très grande proximité du littoral (nécessitant la mise en place d'ouvrage de protections côtières) ou en bordure de *sebkhas*.

2.2.3 Ressources en eau

L'archipel de Kerkennah est situé sur deux aquifères. Le premier peu profond, voir affleurant dans les zones basses naturelles ou artificielles (carrières de sables ou de roches), est saumâtre et n'est utilisé que pour l'irrigation, participant ainsi à la salinisation des sols lorsque l'eau excédentaire n'est pas évacuée par un système de drainage. Le second, profond (350 m) fait partie de l'aquifère captif du Sahel, il est utilisé pour l'approvisionnement en eau douce de la population.

Une usine de dessalement par osmose inverse (la première de Tunisie) est en service depuis 1983 à Kerkennah, et produit 3'300 m³/jour. Cependant, lors de forte demande (en saison touristique), de l'eau salée est ajoutée à l'eau douce, permettant de produire jusqu'à 6'000 m³ d'eau, mais dans ce cas la concentration en sel atteint les 1.5 g par litre (concentration maximale autorisée par les normes internationales). En raison de la faible qualité et quantité des eaux du réseau de distribution, ainsi qu'un faible taux de raccordement, la très grande majorité des bâtiments de l'archipel disposent d'une citerne de récupération des eaux de pluie.

Les rejets en mer des eaux chargées en sel - 25% de la quantité d'eau produite avec une teneur en sel de 14 g/l (Malek, 2007) - se fait actuellement directement au niveau du rivage.



Figure 5 Station de traitement des eaux par osmose inverse (photo GRID-Genève, 2015)

2.2.4 Gestion de déchets

Il existe une usine de traitement des déchets à Kerkennah. Cependant, pour des questions de désaccords concernant la propriété foncière, cette dernière a été fermée sur décision du tribunal en attendant la résolution juridique du différend.

Dans l'attente, les déchets sont centralisés à la sortie des villages (généralement dans les *sebkhas*) ou simplement jetés en dehors des propriétés.

Ces décharges à ciel ouvert constituent une source de pollution pour les eaux côtières et la nappe phréatique superficielle ainsi qu'une dégradation du paysage par la dispersion des déchets par le vent dans tout l'archipel.



Figure 6 Déchetterie sauvage (photo GRID-Genève, 2015)

La gestion des déchets de construction pose également problème, dans la mesure où ces derniers sont couramment utilisés comme remblai ou protection contre l'érosion côtière. Ces structures de protection sont facilement érodées. Il en résulte donc une remobilisation rapide des sédiments par les courants marins et leur éparpillement le long des côtes.



Figure 7 Remblai réalisé avec des déchets (photo GRID-Genève, 2015)

2.2.5 Pêche

Les activités maritimes sont dominantes au niveau de l'archipel de Kerkennah. C'est autour d'elles que gravitent les activités économiques ainsi que les relations sociales et institutionnelles. Les techniques de pêche traditionnelles appropriées (transmises de génération en génération), planifiées dans le temps et dans l'espace, sont gérées par une réglementation sociale acceptée et respectée par la communauté (Rhouma et Labidi, 2006).



Figure 8 L'archipel possède une impressionnante flotte de bateaux de pêche (photo GRID-Genève, 2015)

Les eaux littorales de l'archipel de Kerkennah constituent la principale zone de concentration de *chrafis* (pêche artisanale traditionnelle) qui capturent les espèces côtières, parfois immatures ou protégées à faibles profondeurs (Romdhane et Missaoui, 2002). Traditionnellement les *chrafis* étaient construites principalement avec des produits du dattier, installées et exploitées de l'automne (septembre-octobre) au début de l'été (Juin- Juillet) puis démantelées pour une période de repos biologique. De nos jours les filets de pêche, tubes en PVC et matériaux ferreux ont remplacés les produits issus du palmier dattier et sont laissés en place plusieurs années durant, ne respectant plus le repos biologique.

Le « loud », embarcation à voile et à faible tirant d'eau caractéristique de l'archipel, a été remplacé par des embarcations à moteur dès les années 1970, encouragé par l'octroi de prêts aux pêcheurs (Rhouma et Labidi, 2006).

L'archipel de Kerkennah a également traditionnellement une forte activité de pêche au poulpe appelée pêche à la gargoulette (« Karour ») ou pierres creuses, ainsi que la pêche aux éponges, bien que cette dernière activité ait fortement diminué depuis une décennie (COMETE Engineering, 2001).

L'analyse des statistiques de pêche dans les eaux de l'archipel de Kerkennah reste complexe et incertaine pour les raisons suivantes : certains pêcheurs de l'archipel préfèrent vendre leur production sur le continent, une part importante des captures est autoconsommée, les prises sont débarquées sans contrôle hors des ports « officiels » et, enfin, des pêcheurs du continent exercent leurs activités dans les eaux littorales de Kerkennah. L'APAL (2001) estime que 60% de la production de la pêche n'est pas inventoriée (30% selon Rhouma et Labidi, 2006).

Bien que les chiffres officiels soient sujets à de larges fluctuations, l'opinion unanime des personnes rencontrées, ainsi que de toutes les publications relatives à la pêche, témoignent d'une baisse conséquente des ressources halieutiques de l'archipel de Kerkennah, notamment du poulpe (qui reste l'emblème de l'archipel).

La Figure 9 extraite de Rhouma et Labidi (2006) permet de visualiser la tendance inverse entre la production et l'importance de la flottille de pêche (production minimum en 1995, alors que la flottille était à son maximum).

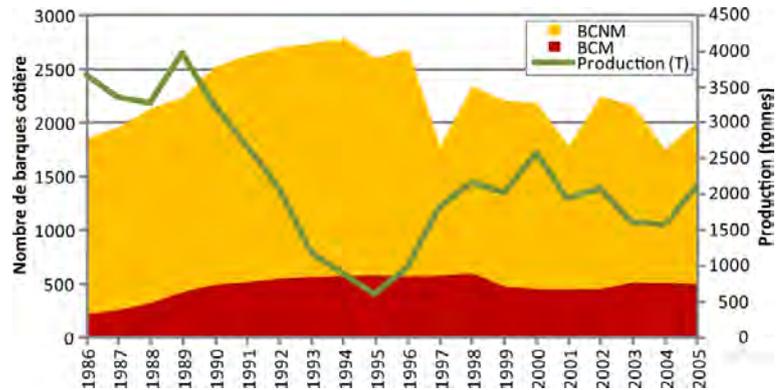


Figure 9 Evolution de la flottille et de la production de pêche de l'archipel de Kerkennah (BCM : Barque Côtière Motorisée, BCNM : Barque Côtière Non Motorisée, source : DGPA, extrait de Rhouma et Labidi, 2006)

La Figure 10 montre clairement la relation négative entre la production et la flottille de barques côtières motorisées (BCM), cette tendance négative étant le double de la tendance avec les barques côtières non motorisées. Bien que ces chiffres ne soient pas récents, ce sont les seuls disponibles.

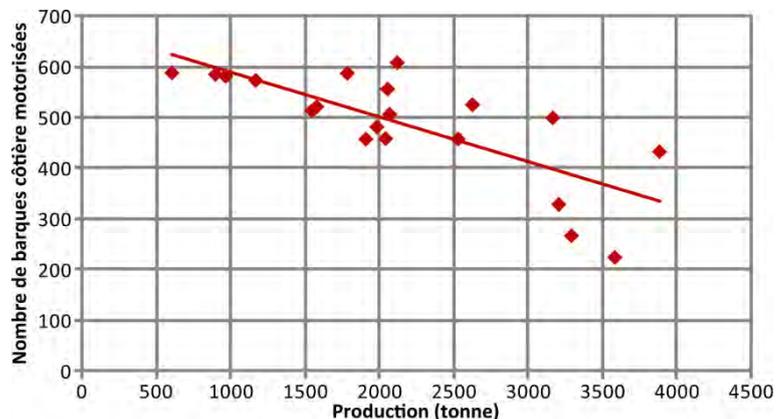


Figure 10 Corrélation entre la production de pêche et la flottille de barques côtière motorisées de l'archipel de Kerkennah (extrait de Rhouma et Labidi, 2006)

Bien que les statistiques disponibles ne prennent pas en compte les activités de pêche de la flottille basée en dehors de l'archipel et que leur fiabilité soit sujette à discussion, elles démontrent clairement que tout effort de pêche supplémentaire (motorisé ou pas) a un effet négatif et immédiat sur la production dans les eaux de l'archipel. Plusieurs causes peuvent être invoquées:

- la prolifération de barques à moteur - dont plus de 90% sont sans immatriculation (Rhouma et Labidi, 2006),
- l'utilisation de filets de toutes dimensions entraînant la capture d'individus juvéniles,
- les activités de chalutage sont de plus en plus intenses, y compris les « kiss² » dans les zones peu profondes,
- l'exploitation illégale, non réglementée et non contrôlée des ressources halieutiques,
- le non-respect et le manque de tolérance mutuelle entre les pêcheurs de différentes catégories de pêche.

² Mini chalut benthique

Gacharas

La dégradation des conditions de pêche est également liée à la pression exercée sur les pêcheurs par les gacharas qui sont des spéculateurs qui avancent aux pratiquants du kiss, les fonds nécessaires à leurs entreprises (y compris charges et dépenses courantes) moyennant l'exclusivité de leurs produits. Rhouma et Labidi (2006) en listent les conséquences :

- circuits de commercialisation complexes détournés et le plus souvent sans aucun contrôle,
- accroissement rapide et non-réglementé de la flottille,
- soumission des pêcheurs aux conditions commerciales imposées par les gacharas,
- non-respect de la réglementation en vigueur (absence de campagne de pêche principalement pour la crevette et le poulpe),
- le développement du Groupement de Développement Agricole « GDA El Arkhabil » est freiné par l'endettement et la soumission des pêcheurs auprès des gacharas,
- manque de mobilisation des marins pêcheurs pour défendre leurs intérêts,
- rupture presque totale entre les pêcheurs et leur entourage administratif et organisationnel, le réseau de distribution étant dominé par les gacharas.

2.2.6 Agriculture

L'agriculture et l'arboriculture ont été abandonnées progressivement en tant que culture vivrière. Rhouma et al. (2005) estimant la surface d'arbres fruitiers à 923 hectares en 2000, alors que Louis (1961) l'évaluait à 6'190 hectares 4 décennies plus tôt. Les raisons invoquées sont le phénomène de sécheresse en augmentation, l'exode de la population active ainsi que le coût élevé des labours. Cependant, plusieurs projets de replantation d'oliviers producteurs à court terme ont été mis en place afin d'infléchir cette tendance.



Figure 11 Agriculture irriguée (photo GRID-Genève, 2015)

Etienne (2014) a cartographié les parcelles agricoles (Figure 12) et estime la surface d'espace irrigué à 178 ha en 1984 et 662 ha en 2011, soit une augmentation de 272 % liée à la construction de puits artésiens dans les années 1990. Ces constructions mettent à la disposition des agriculteurs une eau saumâtre nécessitant la construction d'infrastructures de drainage afin de minimiser le phénomène de salinisation des sols.

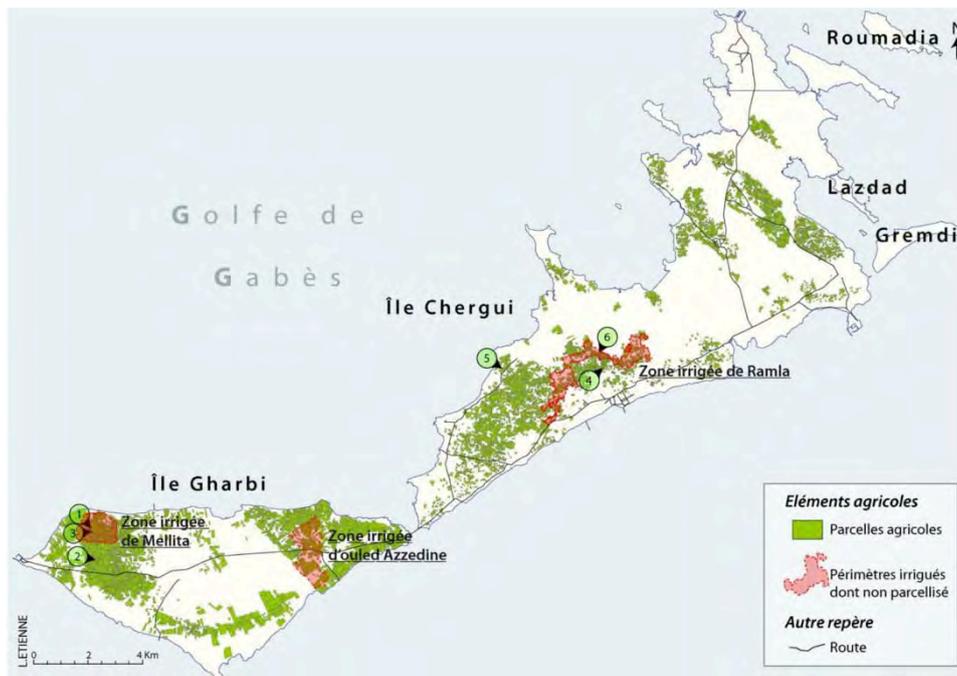


Figure 12 Cartographie des activités agricoles dans l'archipel de Kerkennah (extrait de Etienne, 2014, Figure 44, p. 96)

Les zones irriguées sont localisées sur les espaces situés « en altitude » (maximum 13 m) ce qui limite les phénomènes de salinisation des sols par l'élévation du niveau de la nappe phréatique. Cependant, les sols localement gypseux sont alors dissous et peuvent participer également de manière importante à ce phénomène.

Les opinions diffèrent en ce qui concerne les périmètres irrigués et la création de nouveaux périmètres. En effet, certains habitants leur associent en partie la salinisation des terres et l'avancement des Sebkhass.

2.2.7 Tourisme

Malgré l'existence d'infrastructures touristiques (six hôtels avec une capacité de 1'000 lits dans la zone de Sidi Fredj), cette activité peine à se développer avec seulement 30% de taux d'occupation pendant une période d'exploitation réduite. L'APAL (2001) invoque les raisons suivantes :

- absence de véritables plages et potentiels de baignade limités,
- difficulté d'accès à l'archipel (par bateaux et aéroports éloignés),
- infrastructures peu développées,
- absence de stratégie touristique.

Malgré ces difficultés, deux autres projets de développement touristique sont à l'étude dans les zones de Founkhal et Ouled Ezzedine.

2.2.8 Activités pétrolières

L'exploitation pétrolière ajoute des problèmes de pollution en mer à proximité des sites touristiques, souvent mentionnés lors de la visite de l'équipe du GRID-Genève sur l'archipel, et par COMETE Engineering (2001).

Le risque de pollution de la côte de l'archipel par les activités pétrolières en mer, reste une réalité d'autant plus préoccupante que les forages se trouvent à faible distance de la côte et sont directement exposés aux vents dominants. En cas d'incident, la pollution serait rapidement transportée vers le rivage, favorisée par les caractéristiques du milieu marin peu profond et parcouru par des chenaux de marées. Par ailleurs, ce désastre écologique impacterait directement la seule zone touristique officielle existante de l'archipel, engendrant également une catastrophe économique (COMETE Engineering, 2001).

2.2.9 Bathymétrie

Le platier de l'archipel de Kerkennah est une vaste plate-forme située à des profondeurs comprises entre 0 et 5 m. La morphologie se subdivise en :

- «bhiras» : vasières de 2 à 3m de profondeur (pouvant même dépasser les 5m), entourées de cordons de Posidonies et tapissées de cymodocées,
- «tsirs» (ou bancs) : cordons littoraux, constitués de débris biogènes coquilliers dont le sommet est peuplé par des prairies de caulerpes parfois émergeantes à basses eaux,
- «oueds» (ou chenaux de marées) : dépressions sinueuses et étroites, profondes de 5 à 12 mètres et par lesquelles circulent les eaux de marées (pouvant atteindre des vitesses de 1.5 m/s).

Bien que les chenaux de marées soient situés dans des sédiments meubles et donc potentiellement mobiles, Etienne (2014) fait remarquer que la position de chenaux principaux n'a pas changé par rapport à des relevés cartographiques de 1884.

2.2.10 Biodiversité

Les herbiers à posidonies et cymodocées autrefois très répandus sur les côtes du golfe de Gabès ne se trouvent plus actuellement que sur les hauts fonds de l'archipel de Kerkennah (Romdhane et Missaoui, 2002). Cependant, les hauts fonds de l'archipel abritent un des plus remarquables herbiers à posidonies et cymodocées de la mer de Méditerranée avec une morphologie unique en herbiers tigrés (Boudouresque et al. 2006).

Ces herbiers ont une grande valeur patrimoniale et constituent l'écosystème majeur de la Méditerranée. C'est un pôle de biodiversité servant de refuge au quart des espèces (faune et flore) méditerranéennes, et jouant un rôle important dans la protection des côtes contre l'érosion.

Les îles de l'archipel de Kerkennah sont également un important site d'hivernage (Romdhane et Missaoui, 2002) pour les oiseaux marins limicoles et autres oiseaux d'eau, ainsi qu'un important site de passage pour les passereaux lors de leurs migrations. Les îlots situés au nord-est de l'archipel présentent une richesse biologique remarquable, avec de nombreuses espèces animales ou végétales endémiques, rares ou menacées (APAL, 2001). Par ailleurs, une partie de l'île de Chergui est inscrite comme site Ramsar depuis novembre 2010.

2.2.11 Gouvernance

Administrativement, Kerkennah constitue une délégation rattachée au gouvernorat de Sfax. Créée en 1964, elle se divise en dix imadas³ (El Ataya, El Chargui, El Kallabine, El Kantra, El Kraten, El Ramla, Ennajat, Melita, Ouled Kacem et Sidi Frej).

Kerkennah compte également une municipalité créée en janvier 1974. Suite à la révolution et à l'instar des communes à travers le pays, une délégation spéciale a été instaurée en attendant les élections municipales. Les moyens et ressources de la commune sont limités constituant un problème tout aussi crucial que les difficultés rencontrées par la municipalité pour imposer son autorité après la révolution. Les dépassements enregistrés sont si nombreux que perceptibles visuellement (construction au bord du littoral, rejet des déchets dans les *sebkhas*, etc.)

Le tissu associatif dans l'archipel était animé dans sa majorité par la volonté des originaires de l'archipel habitant dans les grandes villes (Tunis, Sfax, etc.) de contribuer à l'amélioration des conditions de vie dans l'archipel. Ce tissu a connu une dynamisation ces dernières années avec la création de nouvelles associations et la diversification des activités qui vont de la sensibilisation aux questions environnementales à l'amélioration de la connaissance scientifique sans omettre bien évidemment les actions de développement et de promotion de l'exploitation du patrimoine local (culturel, culinaire, etc.)

Concernant les activités socio-économiques, la principale source de revenus des habitants provient des produits de la mer. Une des singularités de l'archipel est que les pêcheurs sont propriétaires d'une parcelle en mer ce qui leur donne le droit de jouir des ressources marines mais aussi d'entretenir ces espaces. Des actes de propriété existent depuis le 17^{ème} siècle.

³ L'imada est la plus petite division administrative de la Tunisie.

Des groupements de développement agricole (GDA) sont établis au niveau des périmètres irrigués et enregistrent des performances variables d'un GDA à un autre.

Le plan de gestion intégrée des îles de Kerkennah élaboré en 2008 préconisait la création d'une unité de Gestion Intégrée des îles Kerkennah (UGIK) regroupant l'ensemble des parties prenantes (administrations des divers secteurs, autorités locales, associations, organisations socioprofessionnelles représentant les divers groupes d'intérêts) et dotée des moyens humains, réglementaires et financiers suffisants pour pouvoir mettre en œuvre les décisions de gestion nécessaires. Cette unité n'a pas été mise en place.

3. Vulnérabilité locale aux aléas naturels

L'estimation de la vitesse d'élévation du niveau de la mer dans le bassin Méditerranéen demeure incertaine. Les projections du rapport du GIEC en 2013 prévoient une élévation du niveau marin global de 26 cm et 82 cm (valeurs extrêmes selon les quatre scénarios modélisés) d'ici la fin du 21^{ème} siècle.

L'estimation de la variation du niveau marin du golfe de Gabès en particulier, donne des tendances variables en fonction du mode d'analyse utilisé (marégraphe, mesure satellitaires, indicateurs de terrains ou modélisation). Etienne (2014) présente une bonne synthèse des différentes méthodes utilisées et de leurs résultats respectifs. Elle conclut que, bien que l'élévation du niveau marin dans le golfe de Gabès soit probablement minime en comparaison de l'élévation générale des eaux de la Méditerranée, la zone sera affectée par une élévation relative importante du niveau marin, résultant de la subsidence généralisée de la zone.

Burollet (1979) estime à trois mètres la submersion de l'archipel au cours des 2400 dernières années en se basant sur la submersion des sites archéologiques littoraux. Cette subsidence est également confirmée par les écrits de Pline l'Ancien qui indiquent que l'archipel mesurait à l'époque 37 km de long sur 18.5 km de large, alors qu'aujourd'hui il ne mesure plus que 30 km sur 14 km. Slim et al. (2004) ont également identifié des vestiges de voies antiques entre l'île de Chergui et l'îlot de Gremdi, confirmant qu'à cette époque elles constituaient une seule et même entité terrestre.

Dans le cadre du projet Climate Change and Impact Research: the Mediterranean Environment (CIRCE), Harzallah et al. (2010) ont fait une estimation des tendances à venir dans le golfe de Gabès :

- augmentation de la température moyenne journalière: $\sim 0.5^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$,
- augmentation de la température maximum journalière: $\sim 0.6^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$,
- augmentation de la fréquence de jours très chauds: 0.7 jours/mois/décennie,
- augmentation de la température de l'eau: $\sim 0.12^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$,
- augmentation de la hauteur maximum de houle: 1m/décennie,
- élévation du niveau marin: $\sim 2.6\text{ cm}/\text{décennie}$,
- expansion de la saison touristique: $\sim 8\text{ jours}/\text{décennie}$,
- diminution du nombre de jours favorables au tourisme: $\sim 12\text{ jours}/\text{décennie}$.

Ils mentionnent que la tendance à l'élévation de la température de l'air s'accélère (la tendance 1973-2008 étant le double de la tendance 1950-2008).

L'estimation de ces futures évolutions du climat, est confirmée par Dahech et Beltrando (2012) qui prédisent une intensification de l'aridité (élévation des températures maximum et intensification et prolongation des épisodes caniculaires). Narrant et Douguédroit (2005) évoquent une stagnation des conditions de précipitations, augmentant encore le stress hydrique dans l'archipel.

L'élévation relative du niveau de la mer dans l'archipel de Kerkennah (du fait de la subsidence) (Slim et al., 2004; Saidani, 2007) va amplifier encore les phénomènes d'intrusions d'eau marine dans la nappe souterraine, provoquer une remontée du toit de la nappe, une érosion côtière accrue, ainsi qu'une salinisation des sols et conséquemment l'extension des *sebkhas*.

4. Erosion côtière et vulnérabilité des moyens de subsistance

La pérennité de l'archipel de Kerkennah et son développement sont menacés par trois facteurs majeurs ; l'érosion du littoral, la salinisation des sols et l'épuisement des ressources halieutiques qui ont tous un impact non négligeable et durable sur les activités de l'archipel que sont la pêche, le tourisme et l'agriculture.

4.1 Erosion côtière

L'érosion côtière, accentuée par la construction d'ouvrages de protections inadaptés (Etienne, 2014 et COMETE Engineering, 2001), est principalement due à plusieurs phénomènes naturels (APAL, 2001):

- action mécanique et chimique des vagues,
- élévation du niveau de la mer,
- subsidence de l'archipel,
- absence d'apports sédimentaires transportés par les cours d'eaux,
- fragilité des roches constituant la côte; friables, peu consolidées ou sensibles au phénomène de dissolution chimique.

La subsidence est clairement visible par les vestiges romains que l'on retrouve à deux mètres de profondeur, soit à une profondeur bien plus importante que pour d'autres vestiges archéologiques de période équivalente sur le reste des côtes tunisiennes. Les mesures du marégraphe du port de Sfax indiquent une élévation du niveau marin quatre à cinq fois plus rapide que la moyenne mondiale (COMETE Engineering, 2001).



Figure 13 Illustration de l'importance de l'érosion côtière.

Etienne (2014) a étudié en profondeur cette problématique en réalisant des études diachroniques, pour la période 1963-2010, à l'aide de photo-interprétation, télédétection, relevés de terrains, lui permettant de quantifier précisément les tendances érosives du littoral (plus de détails sur la méthodologie employée en annexe).

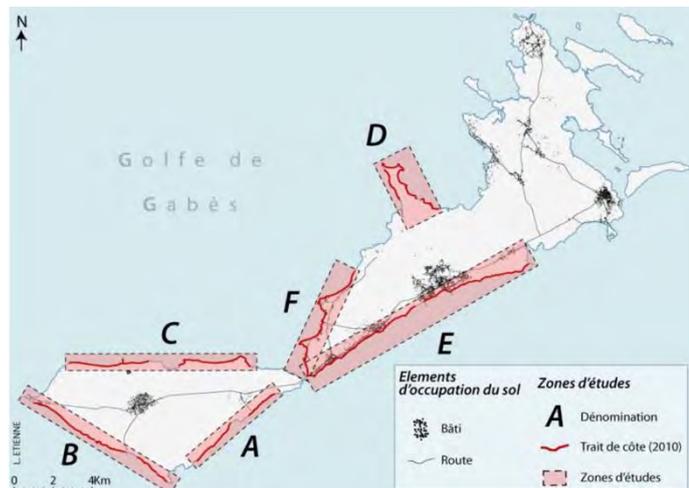


Figure 14 Zones de côte étudiées par Etienne (2014) (extrait de Etienne, 2014, Figure 59, p. 155)

Cette étude conclut que « pour l'ensemble des cas, les observations de terrain ont été absolument indispensables », et précise que l'analyse diachronique des images, n'est valide que pour la zone littorale de l'archipel avec une précision de plus ou moins 6 mètres.

La Table 3 synthétise les vitesses d'érosion de chaque zone d'étude. Comme rappelé par Etienne lors d'une discussion par mail, la généralisation de ces valeurs est dangereuse dans la mesure où au sein d'un même site les conditions d'érosion peuvent être totalement différentes (on peut y trouver aussi bien une zone en

accrétion avec à proximité des zones en forte érosion). Il faut donc prendre ces valeurs uniquement à titre indicatif et se référer aux données détaillées disponibles dans le manuscrit de thèse.

Zone	Site	Max (m)	m/an	Moyenne significative (m)	m/an
A	côte sud-ouest de l'île Gharbi	-14.3	-0.30	-8.6	-0.18
B	côte sud-est de l'île Gharbi	-32.2	-0.69	-11.8	-0.25
C	côte nord de l'île Gharbi	-27.6	-0.59	-11.3	-0.24
D	zone de Sidi Fonkhal de l'île de Chergui	-40.7	-0.87	-12.7	-0.27
E	côte sud de l'île de Chergui	-32.0	-0.68	-12.5	-0.27
F	zone touristique de Sidi Frej	-41.2	-0.88	-16.6	-0.35

Table 3 Synthèse des valeurs maximales et moyennes de chaque zone
(Etienne, 2014 et communication personnelle)

En dehors des causes naturelles que sont l'élévation relative du niveau marin et la sédimentologie peu consolidée des côtes, Etienne (2014) et COMETE Engineering (2001) invoquent la construction non concertée et non étudiée d'ouvrages de protections comme cause anthropique de l'érosion côtière. Ces ouvrages ont pour effet à court terme d'entraîner une perturbation de la dérive littorale et la redistribution des sédiments le long de la côte avec comme conséquence l'accélération de l'érosion dans les zones sans protection, et à long terme l'augmentation du pouvoir érosif des eaux par la remobilisation des éléments de protection dégradés. Pour ces raisons, Etienne (2014) a considéré, dans son étude de vulnérabilité, que les éléments de protection augmentaient la vulnérabilité de la côte au lieu de la diminuer.

L'extraction illégale de sable sur les rares plages de l'archipel est également une cause difficilement quantifiable, mais très probablement non négligeable, de l'érosion côtière.

4.2 Tourisme

Malgré ses potentiels paysager, climatique, environnemental et culturel considérables, et l'augmentation de la durée de la saison touristique, le développement et la pérennité des activités touristiques dans l'archipel de Kerkennah sont confrontés à de nombreuses menaces :

- Ressources en eau limitées (quantité et qualité).
- Erosion du littoral.
- Faibles ressources en sable (aménagement urbains, ou la constitution/préservation de plages).
- Ecosystèmes menacés par la pollution des eaux, la salinisation des sols, ou le manque d'entretien des palmeraies.
- Absence de programme de gestion des déchets.
- Accès limité à l'archipel.

4.3 Agriculture & risques de salinisation des sols

Bien que le volume d'activités agricole ait significativement diminué depuis plusieurs décennies, plusieurs projets de redynamisation de ces activités sont en cours de réalisation.

L'utilisation de l'eau pour les périmètres irrigués pose un problème de salinisation des sols lorsqu'elle est dispersée en dehors des zones drainées.

La plantation de variétés d'oliviers producteurs à court terme, bien que positif, pose le problème de la vision à long terme de cette activité.

La salinisation des sols par remontée du toit de la nappe phréatique ou dissolution du gypse contenu naturellement dans le sous-sol de l'archipel est également un facteur important à prendre en compte.

Les phénomènes de salinisation, ont en effet un double impact ; premièrement sur les ressources en eau douce de l'archipel de Kerkennah, et dans un second temps sur la qualité des sols et conséquemment sur la végétation qui le recouvre, décimant une végétation non-halophile (ex : palmeraies).

En plus des facteurs climatiques et naturels (bilan hydrique négatif, subsidence, élévation du niveau marin, dissolution du gypse), plusieurs pratiques employées sur l'archipel favorisent la salinisation des sols. Il s'agit de l'anthropisation des *sebkhas*, l'utilisation d'une eau d'arrosage saumâtre (puisée dans la nappe de surface) dans des périmètres non-irrigués et enfin l'extraction illégale de sable et de roche.

De manière générale, bien que la salinisation des sols soit favorable à l'extension artificielle des *sebkhas*, ce phénomène est une menace pour l'archipel pour laquelle plusieurs solutions doivent être envisagées.

Fehri (1998) mentionne la pratique du labour, qui consiste à labourer en été 15 à 20 centimètres de sol avant de l'amender en fumier et de l'ensemencer en orge (céréales tolérant un certain degré de salinité) lors des premières pluies automnales. Cette technique, abandonnée depuis le début des années 1970, en raison de rendement trop faibles, a le double avantage de limiter les remontées capillaires par aération du sol et de fournir un revenu agricole potentiellement important.

Les périmètres irrigués doivent impérativement être respectés, puisqu'ils disposent d'un système de drainage des eaux excédentaires saumâtres.

Les *sebkhas* doivent être préservées dans leur état naturel, et les digues existantes doivent être modifiées afin de permettre la circulation des eaux d'inondation.

Enfin, il est également urgent d'encourager l'arrêt des activités de collecte sauvage de matériaux de construction (sable ou roches) qui ont comme effet de rapprocher l'interface sol/air du toit de la nappe phréatique et de faciliter la remontée des eaux saumâtres par capillarité (Figure 16).



Figure 16 Toit de la nappe phréatique mis à nu par les activités illégales de collecte de sable



Figure 17 Conséquence de la collecte sauvage de sable en bordure de sebkha

4.4 Ressources halieutiques

Comme il a été décrit précédemment, une dégradation des ressources halieutiques a été constatée dans les eaux du golfe de Gabès. Que ce soit lors de concertations antérieures ou lors de celles ayant eu lieu dans le cadre de ce projet. Une des solutions la plus fréquemment évoquée est l'application de la réglementation en vigueur. Pour ce faire, Rhouma et Labidi mentionnent les actions suivantes :

- doter le service local de la pêche, ainsi que les services de sûreté et de contrôle des moyens logistiques nécessaires pour l'application de la réglementation en vigueur,
- assister et renforcer les Groupements de Développement Agricole (GDA),
- renforcer et multiplier les contrôles sur les circuits illicites de commercialisation des produits de la pêche et confisquer les produits non conformes à la taille réglementaire ou pêchés par des engins non réglementaires,
- contrôle des engins de la pêche et interdiction de la fabrication des filets non autorisés par la loi,
- actualiser l'étude des cycles biologiques des poulpes et leur migration pour planifier la bonne période de capture,
- dynamiser le rôle de l'Agence des Ports et des Installations des Pêches (APIP) pour aménager les structures réalisées pour la promotion de la pêche (Ports de pêche, fabrique de glace, espaces pour vente des produits...) et les exploiter d'une façon rationnelle,
- contrôle régulier des barques de la pêche et interdiction aux barques en situation irrégulière de quitter le port sans avoir régularisé leur situation,
- confiscation des barques sans identification apparente et pénalisation des propriétaires,
- pose de récifs artificiels dans les zones sensibles et connues pour leur importance pour la reproduction des espèces marines,
- fixer le nombre de chambres de capture pour les *chrafis* dans le cahier de charges de l'appel d'offre et assurer un contrôle dans ce sens,
- rechercher des possibilités de diversification des activités entre terre et mer pour diminuer l'effort de la pêche,
- étudier les possibilités de prolonger la période de repos biologique.

5. Utilisation des écosystèmes pour protéger le territoire

Comme évoqué précédemment, le rôle des écosystèmes pour la réduction des risques générés par des événements extrêmes est l'un des services écosystémiques les plus sous-évalués.

Des efforts internationaux, guidés par le Hyogo Framework for Action (HFA), s'efforcent de réduire la vulnérabilité aux catastrophes naturelles à travers un large éventail d'interventions, comprenant entre autres les systèmes de pré-alerte, la sensibilisation de la population, l'aménagement du territoire et une

meilleure gestion des écosystèmes. La plupart de ces efforts sont guidés par l'identification des risques potentiels et l'estimation de la vulnérabilité des populations et des infrastructures. Bien que de nombreuses méthodes d'évaluation des risques soient disponibles, les efforts visant à élaborer des lignes directrices et des normes communes n'ont débutés que récemment. En outre, les méthodes d'évaluation ne prennent pas encore en compte les changements de risque et de vulnérabilité attribués aux changements environnementaux, y compris la dégradation des écosystèmes et les changements climatiques. En tant que tel, ces évaluations ne parviennent pas à identifier les aspects critiques de risque et de vulnérabilité, et par conséquent ne fournissent pas suffisamment d'informations pour élaborer des actions de réduction des risques fondées sur les écosystèmes.

La question, cependant, reste de savoir si les écosystèmes peuvent offrir une protection efficace contre les événements extrêmes et l'adaptation aux changements climatiques. La recherche scientifique permettant de relier les services écosystémiques avec la réduction des risques et les actions d'adaptation restant limitées. Cependant cette information est vitale afin d'informer les politiques et les décideurs.

6. Ecosystèmes et menaces prioritaires identifiées lors des ateliers de consultation

Un processus consultatif a accompagné le travail analytique et a consisté en trois ateliers de consultation. Le premier atelier de consultation a été conduit en juin 2014 à l'échelle nationale en vue de mobiliser l'expertise nationale pour mettre en exergue les principaux défis auxquels est exposé l'archipel. Les discussions ont permis de construire un consensus sur l'acuité du problème d'érosion côtière et l'éventuelle contribution des herbiers à son atténuation.

Le second atelier tenu en janvier 2015 à Kerkennah a permis de mobiliser l'expertise locale afin d'identifier les écosystèmes considérés clés par les parties prenantes dans l'archipel et leur perception des menaces pesant sur ces écosystème ainsi que les possible solutions préconisées. Ainsi, un exercice d'identification des écosystèmes et de classement de ces derniers (+/- 50) par ordre d'action prioritaire a été effectué. La Table 4 détaille le classement attribué par l'ensemble des participants représentants de la communauté locale.



La colonne "numéro attribué" indique le numéro qui a été attribué aux menaces et qui sera utilisé sur le graphique de visualisation des priorités. Les nombres figurant dans les colonnes "hautement prioritaires, moyennement prioritaire et faiblement prioritaires" indiquent le nombre de participants ayant choisi de classer la menace dans une de ces colonnes.

Numéro attribué	Menaces identifiées	Hautement prioritaires	Moyennement prioritaires	Faiblement prioritaires	Classement pondéré par ordre de priorité
1	Surexploitation des pêcheries	23	4	2	1
2	Remplacement des matériaux des pêcheries	10	11	4	10
3	Peu de contrôle des pêcheurs	14	7	5	7
4	Non-respect du repos biologique	11	8	5	9
5	Entretien des infrastructures portuaires	3	10	10	16
6	Erosion côtière	22	4	0	2
7	Contamination et surexploitation des nappes	12	14	0	8
8	Délaissement des citernes publiques	3	7	12	16
9	Disparition des zones humides	9	8	10	11
10	Migration de la population	6	6	13	13
11	Non gestion de l'eau pluviale	5	13	10	14
12	Chalutage (arrachage des herbiers)	21	3	3	3
13	Non gestion des déchets	9	13	3	11
14	Arrachage des palmiers	10	8	5	10
15	Augmentation des zones bâties	4	13	8	15
16	Pêche illicite : Manque de réglementation, de contrôle et d'application des lois	18	9	1	4
17	Pollution pétrolière	10	9	6	10
18	Prélèvement des matériaux : sable et pierre	10	8	5	10
19	Salinisation et remontée de la nappe	16	4	5	6
20	Avancement des Sebkhass	17	8	2	5
21	Morcellement du territoire	4	9	8	15
22	Emissaires de la Station d'épuration de l'Office National d'Assainissement	7	13	2	12
23	Déballastage et vidange des bateaux	5	5	11	14
24	Espèces invasives	6	13	7	13

Table 4 Résultats du vote sur les Menaces identifiées par ordre de priorité d'action

Le graphique ci-dessous présente les résultats du classement pondéré attribués pour chaque menace et permet de comparer pour chacune d'elles les valeurs allouées quant à leur répartition entre « hautement, moyennement et faiblement » prioritaires.

Ce graphique permet de constater que les menaces 1 (surexploitation des pêcheries), 6 (érosion côtière), 16 (Pêche illicite), 12 (Chalutage /arrachage des herbiers), 20 (Avancement des Sebkhass), correspondent aux quatre menaces les plus « hautement prioritaires » sur les vingt-quatre totales mentionnées par l'audience.

Afin de classer les menaces en prenant en compte tous les niveaux de priorité, une somme pondérée a été calculée en appliquant un facteur « 3 » aux menaces identifiées comme « hautement prioritaires », un facteur « 2 » aux menaces identifiées comme « moyennement prioritaires » et un facteur « 1 » aux menaces identifiées comme « faiblement prioritaires ».

A titre d'exemple, la somme pondérée de la menace 1 (surexploitation des pêcheries) est calculée de la manière suivante :

$[3 \text{ (le facteur de pondération correspondant à « hautement prioritaire »)} \times 23 \text{ (le nombre de votes récoltés)}] + [2 \text{ (le facteur de pondération correspondant à « moyennement prioritaire »)} \times 4 \text{ (le nombre de votes récoltés)}] + [1 \text{ (le facteur de pondération correspondant à « faiblement prioritaire »)} \times 2 \text{ (le nombre de votes récoltés)}] = 79$. 79 fut le score le plus élevé donc la menace est considérée comme la plus prioritaire.

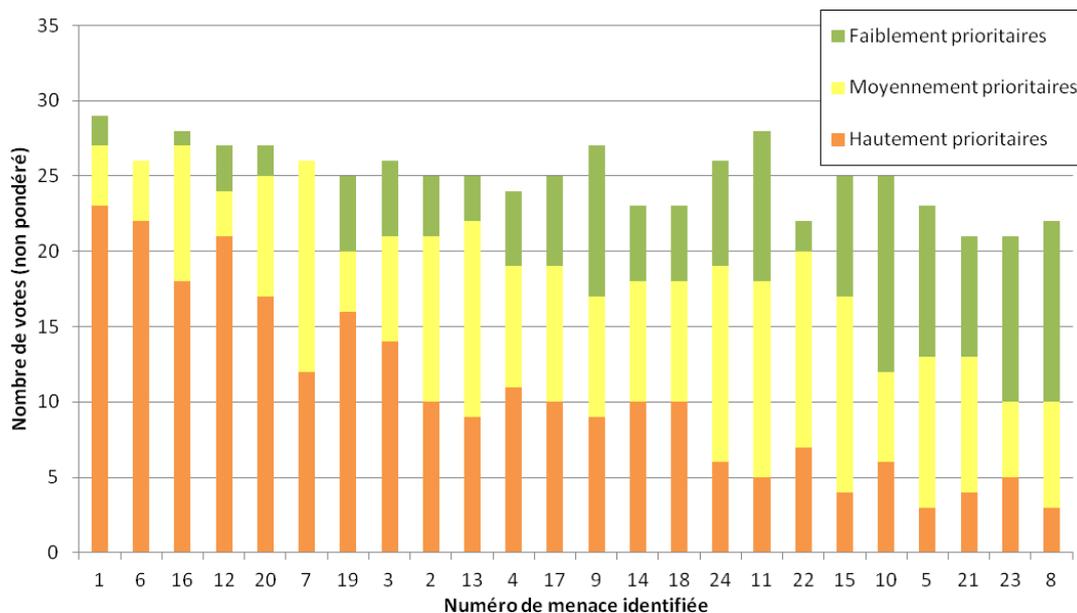


Figure 18 Nombre de votes par menaces identifiées (classement pondéré)

Les résultats de l'exercice de classement permettent d'affirmer le large consensus atteint lors de la séance plénière de restitution des travaux de groupes concernant la vulnérabilité accentuée du riche écosystème de l'archipel de Kerkennah aux différentes formes de dégradation d'origines naturelle et anthropique.

Selon les participants, la menace la plus accrue consiste dans la surexploitation des pêcheries. En effet, bien que les engins et les techniques de pêche traditionnels (et souvent ingénieux) ont permis pour longtemps une exploitation performante et durable adaptée à la particularité du milieu, la situation actuelle de la pêche aux îles est soumise à une pression de pêche considérable et est dominée par les irrégularités et le non-respect de la réglementation en vigueur. De même, certaines activités de pêche comme le chalutage dans les eaux peu profondes sont particulièrement destructrices en érodant et endommageant les fonds et les herbiers.

En second lieu, vient le phénomène de l'érosion côtière de l'archipel qui a été révélé au niveau de plusieurs sites et qui semble être renforcé par les ouvrages et les infrastructures réalisés sur la côte.

Comme mentionné à plusieurs reprises lors des discussions, l'avancement des *sebkhas* apparaît parmi les menaces les plus frappantes dans le classement effectué. Le problème de la salinisation des sols, dû en partie à l'extension continue de ces dépressions constituant déjà une part importante de l'ensemble de la superficie de l'archipel, menace la durabilité de certains autres écosystèmes. La salinisation des sols et la remontée des nappes figurent également parmi les sujets les plus préoccupants.

Les résultats de l'atelier de consultation concordent avec les résultats de l'enquête élaborée dans le cadre du travail de thèse d'Etienne (2014) à travers un questionnaire distribué à 150 personnes (~1 % de la population de l'archipel) afin de déterminer entre autres la perception de la population aux problèmes majeurs auxquels l'archipel de Kerkennah est soumis (Figure 19).

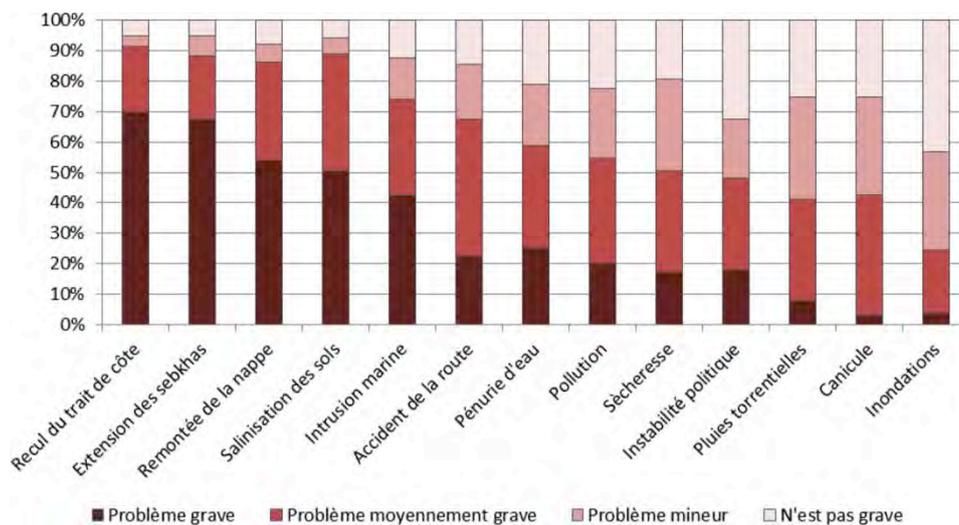


Figure 19 Classement des problèmes majeurs (extrait de Etienne, 2014, Figure 101, p. 266)

En effet, les deux premières problématiques du classement (érosion côtière et extension des *sebkhas*) coïncident avec les résultats de l'atelier avec les acteurs locaux, à l'exception toutefois de la problématique des ressources halieutiques, thématique qui n'était pas proposée dans le questionnaire d'Etienne.

7. Analyse Services Menaces Solutions pour les écosystèmes prioritaires

7.1 Végétation sous-marine

Le platier de l'archipel de Kerkennah abrite l'un des plus remarquables herbiers de posidonies de la Méditerranée s'étendant sur plus de 15 km des côtes en raison de la faible déclivité des fonds (Pergent et al., 2008). Il est principalement occupé par plusieurs types de phanérogames marins (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*) et plusieurs variétés d'algues vertes et brunes (*Padina pavonia*, *Halimeda tuna* et *Cystoseira*, *Caulerpa prolifera*) (COMETE Engineering, 2001). Ces plantes à croissance lente forment de larges prairies sous-marines mais également de larges édifices verticaux, jouant un rôle essentiel dans l'écosystème marin (Boudouresque et al., 2006), ainsi que pour la protection des côtes. Par ailleurs, c'est dans cette région que la morphologie en herbier tigré a été décrite pour la première fois (Blanpied et al., 1979).

Les posidonies, ont la faculté de s'adapter à une accumulation progressive de sédiment grâce à la croissance verticale des rhizomes, développant ainsi des structures surélevées dont l'extrémité des feuilles affleure à la surface en période de basse mer.

L'herbier tigré se développe à une profondeur maximum de 10 mètres et est caractérisé par une alternance de bandes d'herbier de posidonies plus ou moins parallèles entourées de "mattes mortes" occupées par un peuplement à *Cymodocea nodosa* et/ou *Caulerpa prolifera*. A l'identique des récifs barrières, leur développement s'opère sur plusieurs millénaires rendant leur destruction irréversible à l'échelle humaine.

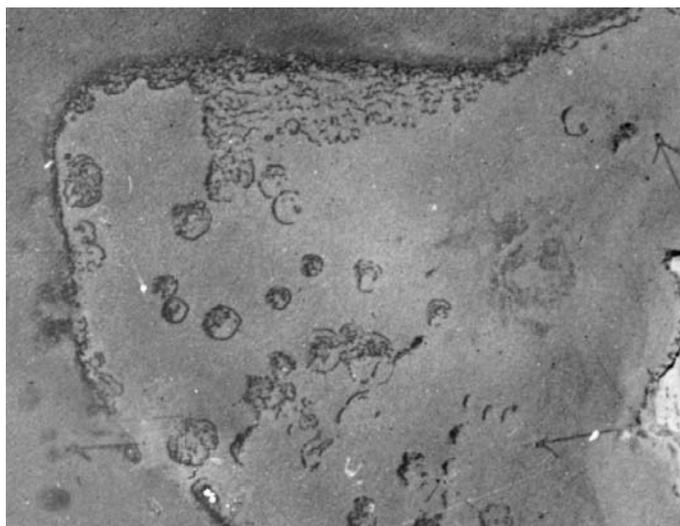


Figure 20 Herbier tigré, cordons et micro-atolls de posidonies à Kerkennah

Mounir (2004) a échantillonné et analysé les colonies de posidonies se trouvant sur la plateforme de l'archipel de Kerkennah. Les conclusions de l'étude menée indiquent que « l'herbier de posidonie autour des îles de Kerkennah présente de très bons signes de vitalité » avec la présence généralisée des types les

plus évolués de développement. Cependant, des dégradations dues à des ancrages ou actions de dragage ont été identifiées ponctuellement.

7.1.1 Services

Les herbiers fournissent de nombreux services écosystémiques contribuant au développement économique local. Ces services sont :

- Réservoir de biodiversité servant de refuge au quart des espèces (flore et faune) méditerranéennes (pour une couverture inférieure à 1% de la surface des fonds méditerranéens),
- Source de débris végétaux transportés vers d'autres types de fonds et utilisé par les organismes vivant au-delà de 50-100 m de profondeur ou accumulées sous forme de banquette sur les plages agissant comme une protection naturelle contre l'érosion des plages,
- Frayère ou nurserie pour de nombreuses espèces de poissons et crustacés,
- Production d'oxygène (jusqu'à 14 l. d'oxygène produit par m² et par jour à 10m. de profondeur),
- Stabilisation des fonds marins par le piégeage des sédiments, amélioration de la transparence de l'eau,
- Amortissement de la puissance des vagues et diminution du taux d'érosion côtière,
- Excellent indicateur de la qualité du milieu littoral,
- Séquestration du carbone.

7.1.2 Menaces

Les herbiers de posidonies sont vulnérables à de nombreux facteurs anthropiques ou climatiques. Toutefois, leur régression est principalement due à l'accumulation et à la fréquence des perturbations (Boudouresque, 2006). Par ailleurs, l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des températures et des précipitations pourraient fragiliser ou détruire totalement cet écosystème. De manière générale, la résilience de *Posidonia oceanica* est élevée pour les variations de température, toute sorte de contamination et par les espèces invasives. En revanche, elle est faible en cas de variation de la salinité, de turbidité, de sédimentation importante ou d'arrachage (ancre ou chalutage) (Pergent et al., 2012).

De plus, la morphologie unique des herbiers tigrés à Posidonie de l'archipel de Kerkennah augmente leur vulnérabilité. Leurs caractéristiques ; faible profondeur, extension réduite (largeur de 1 à 2 m) et faible vitesse de migration (10 cm/an), les rendent particulièrement fragiles.

Les menaces anthropiques sur la végétation sous-marine sont :

- Recouvrement par des aménagements littoraux,
- Modification des flux sédimentaires,
- Rejets d'effluents liquides (émissaire) :
 - diminution de la transparence de l'eau (sédiment ou plancton),
 - apport de contaminants chimiques -diminution localisée de la salinité.
- Ancrages fréquents,
- Activités de chalutage,
- Pollution,
- Compétition avec des espèces introduites,
- Surpâturage par des oursins ou des poissons herbivores,
- Fermes piscicoles.

Egalement les activités de l'exploitation gazière « champ Cercina », exploitée par la société British Gas au large de Sidi Frej, sont une menace constante et non négligeable.

Afin de s'assurer de la qualité et la préservation des herbiers, il est nécessaire d'instaurer un système de surveillance cartographique.

Les systèmes de surveillances combinent généralement des outils de suivi à trois échelles spatiales :

- à l'échelle de l'herbier entier : cartographie, mesure du recouvrement, transects permanents,
- à l'échelle locale : balises à la limite supérieure et/ou inférieure et les carrés permanents,
- à une micro-échelle : mesure de la densité des faisceaux de feuilles, importance respective des faisceaux rampants et des faisceaux dressés, déchaussement des rhizomes, lépidochronologie, longueur des feuilles etc.

Les herbiers de l'archipel de Kerkennah font partie du Programme MedPosidonia initié par le réseau CAR/ASP - Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (PNUE, PAM, CAR/ASP). La région a ainsi bénéficié de formations et de missions de terrains en vue d'élaborer des programmes de conservation de cet écosystème. Une partie de l'herbier est par ailleurs candidat à une aire marine protégée (AMP) afin de le protéger principalement des activités de chalutage (Mustapha et Afli, 2007).

Pour un suivi efficace des herbiers, il est important de combiner les outils de surveillance cartographique. Dans le cadre de cette étude, des essais de cartographie à l'aide de photographies aériennes et d'images satellitaires haute résolution (QuickBird, WorldView) ont montré des résultats prometteurs pour un suivi surfacique des herbiers peu profonds (affleurant). Cependant, cet outil ne peut garantir seul l'exactitude des résultats (type et état de la végétation sous-marine cartographiée) ni le suivi des herbiers situés en profondeur. Il doit être impérativement complété par des campagnes de terrain combinées à l'utilisation de méthodes cartographiques acoustiques (sonar).

Les principales limitations de l'imagerie satellitaire (ou aérienne) résident dans la qualité des images (elles doivent être exemptes de nuages et de vent) et dans l'interprétation des résultats (possibilité de confusion entre peuplements de tonalité proche, erreurs d'interprétation liées aux variations bathymétriques et à l'état de la marée lors de la prise de l'image).

7.1.3 Solutions

Différents moyens peuvent être mis en œuvre pour garantir la protection de la végétation sous-marine. Les mesures directes de protection sont assurées par des réglementations et législations internationales et/ou nationales (à l'échelle européenne : Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, et la directive européenne habitats (Natura 2000), à l'échelle méditerranéenne : la Convention de Barcelone notamment le Protocole Relatif aux Aires Spécialement Protégées et à la diversité biologique en Méditerranée dont la mise en œuvre est coordonnée par le centre d'action régional pour les aires spécialement protégées (CAR/ASP).

Toutefois des mesures de protection indirectes peuvent également protéger efficacement les herbiers, notamment par la mise en place d'AMP, par l'instauration de réglementations destinées à restreindre les rejets polluants, l'encouragement des techniques traditionnelles de pêche, la limitation de certaines techniques de pêche telles que les arts traînants et l'application de l'exigence d'une étude d'impact avant toute demande d'autorisation de projet ayant des conséquences environnementales et surtout la mise en œuvre des recommandations qui en découlent.

Bien que les herbiers dans les eaux littorales de l'archipel de Kerkennah semblent relativement préservés, hormis des arrachages ponctuels par des ancrages ou des actions de chalutages, ils nécessiteraient la mise en place d'un système de surveillance cartographique. Par ailleurs, les systèmes de surveillance permettent non seulement de déceler précocement toute nouvelle dégradation des herbiers ou toute modification de leur répartition, mais ils visent également à mesurer l'efficacité des politiques locales environnementales, à utiliser les herbiers comme un indicateur de la qualité des eaux et du milieu littoral, et enfin à contrôler l'impact environnemental d'un aménagement.

7.2 Sebkhass

Une *sebkhha*, est une dépression à fond plat se trouvant à proximité du niveau de la mer, plus ou moins connectée au milieu marin qui l'inonde temporairement. Les températures élevées et la présence d'eau salée entraînent une augmentation de la salinité des sols avec comme conséquence l'installation d'une végétation halophyte et d'une faune spécifique supportant les conditions du milieu, soit une haute variabilité d'humidité (alternance inondation-désert), ainsi qu'une température et une salinité élevée.

7.2.1 Services

Les milieux humides telles que les *sebkhass* présentent une végétation et une niche pour de nombreux oiseaux migrateurs, et à ce titre méritent d'être préservés (COMETE Engineering, 2001). En outre, la spécificité de ce milieu en fait des sites à haute valeur écotouristique et éducatif.

7.2.2 Menaces

La majorité des *sebkhas* de l'archipel est anthropisée, que ce soit par des pistes, l'exploitation d'une saline ou, par des digues et routes sans buses d'évacuation. En conséquence, le milieu est perturbé et fragilisé. De plus, l'eau (de précipitation ou de mer dans le cas de tempêtes) ne peut s'évacuer et est évaporée sur place, concentrant de manière importante la teneur en sel des sols. Le bilan hydrique négatif de l'archipel de Kerkennah accentue également la salinisation des sols par la remontée de la nappe. En période sèche, le sel est ensuite remobilisé par les vents et déplacé en bordure de *sebkha*, décimant la végétation non-halophile (ex. palmeraie) et permettant l'avancée de la *sebkha* aux dépens des écosystèmes voisins. Dans l'attente d'une solution pour la gestion des déchets, les *sebkhas* sont également des lieux privilégiés par les habitants pour les décharges sauvages.

Etienne (2014) a étudié l'évolution d'extension de la *sebkha* entre 1963 et 2010, en utilisant la limite formée par les palmiers en bordure de *sebkha*. La surface totale couverte par les *sebkhas* passe de 2'583 ha en 1963 (28% de la zone d'étude) à 3'047 ha en 2010 (33% de la zone d'étude). Bien que les profils d'évolution soient totalement différents entre l'île de Gharbi (+24 %) et l'île de Chergui (+9 %). D'une manière générale, elle indique que l'extension des *sebkhas* a été très limitée avant 1984 et a explosé ensuite, sans que l'auteur n'invoque de raison à cette accélération.

7.2.3 Solutions

Les solutions préconisées consistent en l'actualisation du Schéma Directeur d'aménagement avec une spécification bien claire des zones humides à protéger, l'interdiction de bâtir dans les zones humides et l'application de la loi. Il a également été recommandé de créer et d'entretenir les réseaux de drainages dans les périmètres irrigués afin d'améliorer le fonctionnement hydraulique des périmètres en connexion avec les zones humides.

8. Centralisation et partage des données

Afin d'appréhender les risques liés aux événements extrêmes et aux changements climatiques en toute connaissance de cause, il faut identifier et quantifier précisément le risque, la vulnérabilité et l'exposition. Les données nécessaires à l'évaluation du risque et donc à la proposition de recommandations quantifiées n'étant pas disponibles pour la zone d'étude, ou uniquement à une échelle non appropriée. Une grande partie de l'effort mis dans ce projet a été de collecter, standardiser, trier et centraliser les données et documents disponibles. Pour finalement mettre à la disposition du public, via internet, à l'adresse <http://kerkennah.grid.unep.ch/>, les données géographiques ainsi que les documents relatifs à l'archipel de Kerkennah. Ce site web a été mis en place et peuplé par le GRID-Genève, dans un second temps, il sera transmis à l'APAL pour y être maintenu et mis à jour. Ceci dans le but que les données soient disponibles et documentées afin de minimiser la phase laborieuse de collecte de données pour de futurs projets.

Un grand nombre de données a été fourni par l'APAL par le biais de M. Adel Abdouli (point focal du projet). La Table 5, en annexe, synthétise les données SIG qui ont été sélectionnées. Les métadonnées de ces couches ont été fournies par l'APAL.

Le GRID-Genève a généré plusieurs couches de données nécessaires à une bonne compréhension de la zone d'étude. Elles sont brièvement présentées dans ce chapitre. Tout comme les données fournies par l'APAL.

Un grand nombre de données probablement disponibles au format vectoriel mais non accessible a été identifié pendant le travail de documentation, notamment l'excellent travail de thèse d'Etienne (2014). Dès lors, afin d'éviter que des données importantes disparaissent dans un futur plus ou moins éloigné, et pour optimiser leur visibilité et leur utilisation, il serait opportun de contacter l'auteur afin de mettre à disposition ces couches (en visualisation et/ou en téléchargement).

8.1 Cartographie numérique des noyaux urbains de Kerkennah

Lors d'une visite à la municipalité de Kerkennah, une copie du CD de données « cartographie numérique des noyaux urbains de Kerkennah » a été effectuée par l'équipe du GRID-Genève. Ces données au format AutoCAD ont été converties, formatées et réorganisées dans un format SIG avant d'être intégrées à la base

de données géographique disponible sur internet. Le système de référence spatial original étant Carthage / Nord Tunisie (epsg : 22391).

8.2 Données collectées dans le cadre des activités de KFW

L'APAL par l'intermédiaire du point focal du projet (M. Adel Abdouli) a également transmis les données collectées dans le cadre des activités d'aménagement du littoral financé par la KFW. Comme précédemment une tentative de conversion des données du format AutoCAD afin de les intégrer à la base de données géographique du projet a été tentée. Malheureusement devant l'ampleur de la tâche de standardisation des noms de couches, du manque de projection de certaines, et faute de temps, cette tâche n'a pu être menée à son terme.

8.3 Images aériennes 1939

Grace aux contacts de M. Antoine Lafitte (Plan Bleu) avec l'IFREMER, nous avons pu acquérir des images aériennes de 1939 à une résolution effective d'environ 1 mètre pour la quasi-totalité de l'archipel de Kerkennah (Figure 21). Les images ont été préparées par l'IFREMER et financées par l'UNEP/GRID-Genève. Elles sont distribuées sous licence ouverte et prochainement disponibles au public à <http://sextant.ifremer.fr/fr/>.

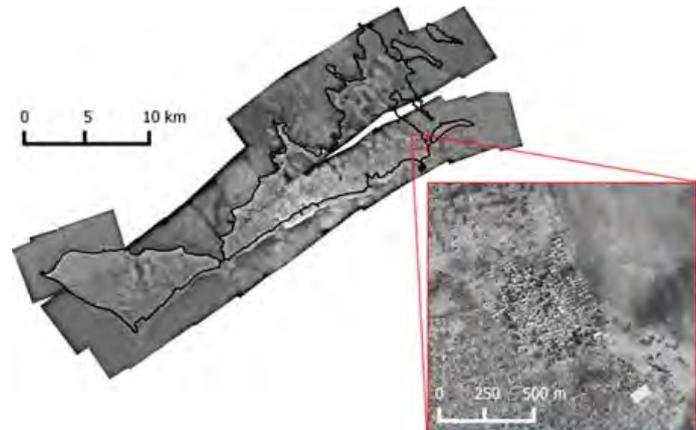


Figure 21 Mosaïque de la couverture des images aériennes 1939 (fournisseur : IFREMER)

8.4 Collecte d'images satellite haute résolution récentes

L'accès à des images satellites haute résolution a été possible dans le cadre du réseau des UNEP/GRIDs en général et le GRID-Sioux Falls (<http://na.unep.net/>) en particulier qui nous a fourni des images QuickBird et WorldView prises entre Juin 2012 et Mai 2014 (Figure 22 couvrant la quasi-totalité de l'Archipel de Kerkennah).

Il est important de signaler qu'en raison des licences d'utilisation de ces images, seules les données dérivées de leur traitement (cartographie de la végétation subaquatique et des zones bâties) pourront être partagées avec les partenaires du projet.

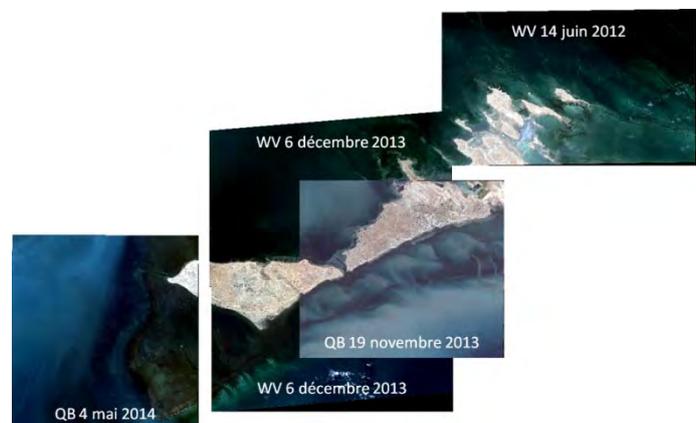


Figure 22 Mosaïque de la couverture des images satellitaires récentes (fournisseur : GRID-Sioux Falls)

8.5 Détection des changements de couverture de la végétation subaquatique

La qualité des images aériennes de 1939 permet de cartographier la végétation subaquatique à l'aide des fonctions de classification orientée objet (segmentation) du logiciel propriétaire *eCognition*.

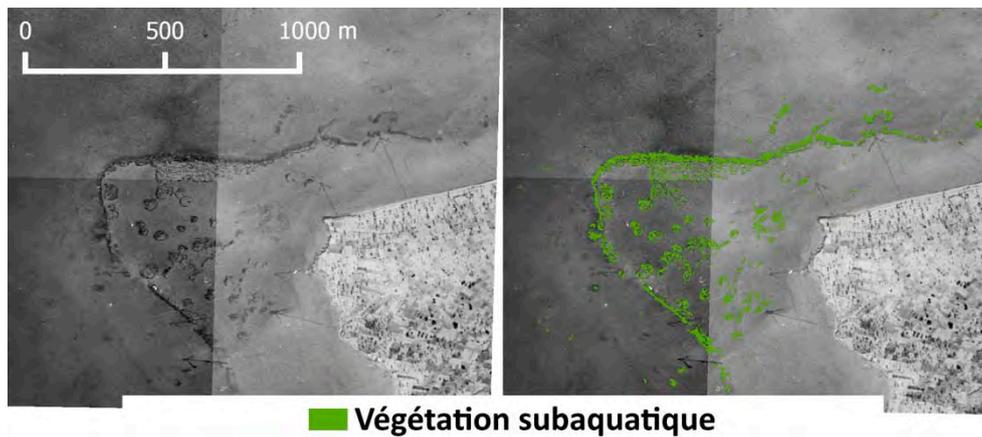


Figure 23 Exemple de classification de la végétation subaquatique par l'utilisation de l'imagerie aérienne datant de 1939 au large de Sidi Fredj

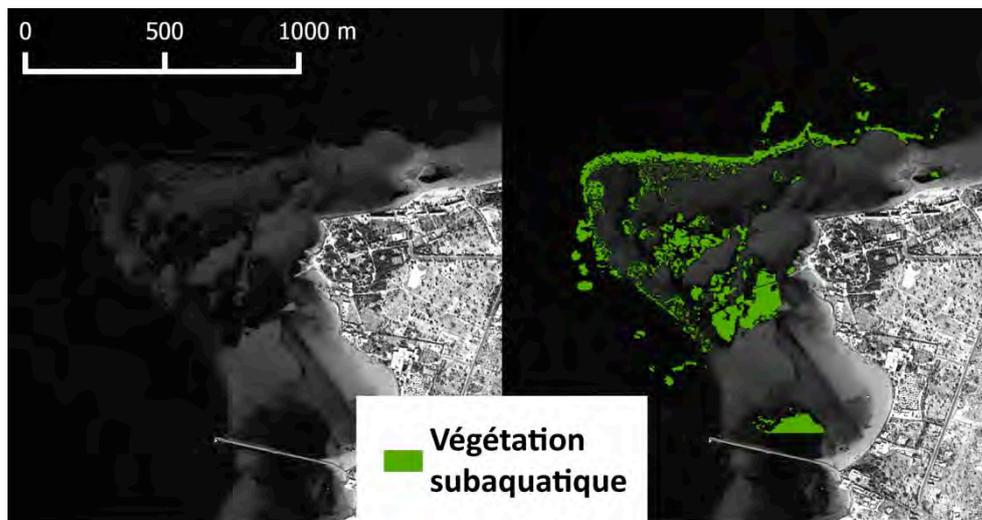


Figure 24 Exemple de classification de la végétation subaquatique à l'aide d'une image WorldView datant de 2013 au large de Sidi Fredj

Bien que la qualité de ces classifications n'ait pas pu être évaluée sur le terrain ou validée par un expert, nous pouvons dès lors estimer que la couverture végétale détectée en 2013 (Figure 24) semble surestimée par rapport à celle de 1939 (Figure 23). Ces différences s'expliquent par l'utilisation de résolutions différentes (~ 1 m contre ~ 2 m respectivement) et l'éventuelle présence de débris végétaux et d'algues (*Caulerpa prolifera*). La comparaison de la couverture récente avec la couverture de Rais et al. (2009) montre les limites d'une classification sans validation de terrain. En effet, la télédétection seule ne permet pas de corriger d'éventuelles erreurs de classification ni de distinguer les différentes associations végétales, démontrant la nécessité d'accéder à des données de validation obtenues lors de campagne de terrain et/ou une validation ou correction du résultat par des experts.

8.6 Répartition de la population

Afin de pouvoir distribuer la population de l'archipel de Kerkennah et faute de données de recensement détaillées ainsi que les fortes variations saisonnières en terme de résidents et de visiteurs (14'400 et plus de 200'000 respectivement), la couverture des bâtiments a été cartographiée à l'aide des bandes panchromatiques des images satellite haute résolution à disposition en utilisant les fonctionnalités de classification objet du logiciel libre Spring (<http://www.dpi.inpe.br/spring/francais/index.html>).

Dans un second temps, le pourcentage de surface par rapport au total de surface bâtie de l'archipel ($1'458'866$ m²) a été calculé pour chaque cellule d'une grille virtuelle de 250 mètres de résolution.

La Figure 25 présente un zoom sur le village d'Alataya, avec en gris la couverture des bâtiments et en dégradé orange-rouge le pourcentage de surface bâtie de l'archipel contenu dans chaque cellule d'une grille virtuelle (par exemple une valeur de 1 signifie que la cellule de 250 m x 250 m contient 1% de la surface bâtie de l'archipel de Kerkennah). Cette couche de pourcentage permet une représentation de la répartition des surfaces bâties que l'on pourra ensuite utiliser pour répartir la population vivant ou visitant l'archipel.

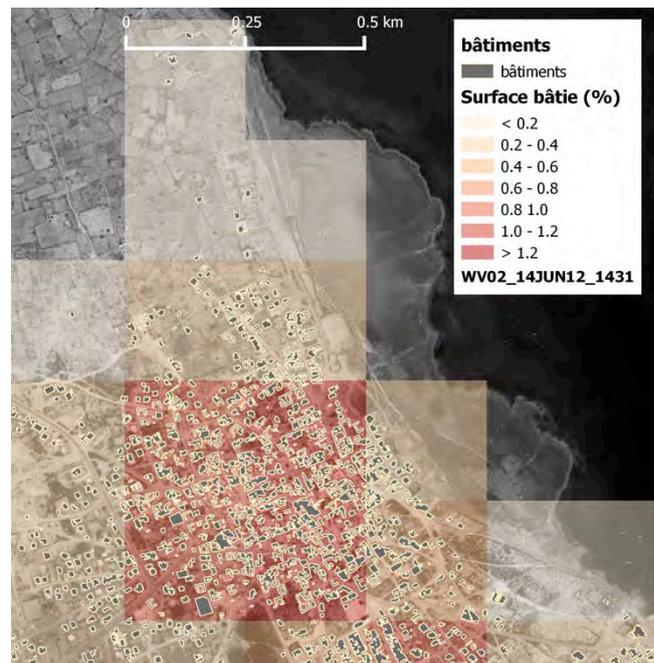


Figure 25 Zoom (village d'Alataya) sur la répartition des bâtiments sur l'archipel de Kerkennah

En superposant cette couche avec la couche des surfaces submersibles fournies par l'APAL (Figure 26), il est possible d'estimer que 4.7 % des surfaces bâties de l'archipel sont situées en zones inondables (définies par le gouvernement Tunisien comme toute surface située à une altitude inférieure à 2 m).

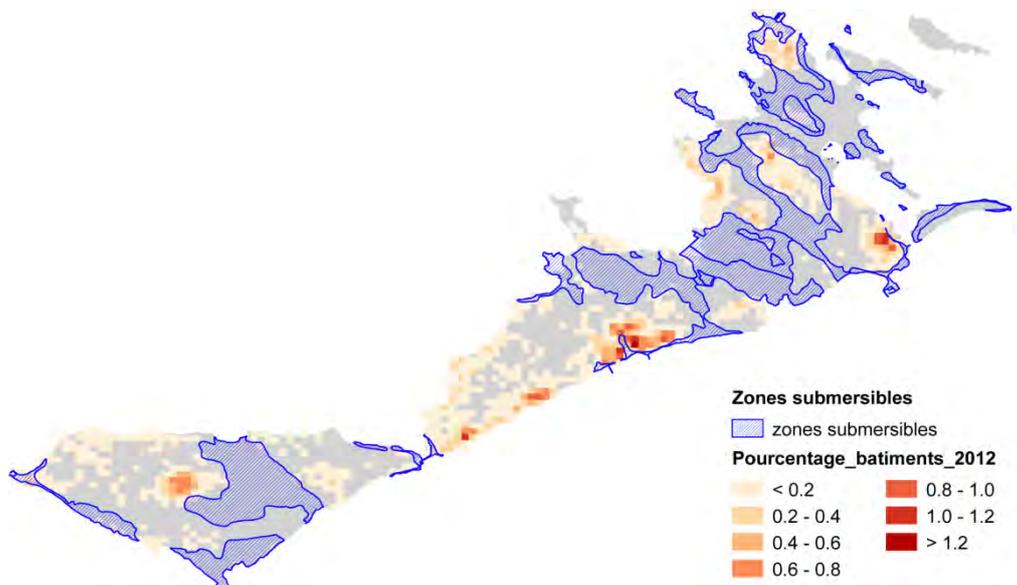


Figure 26 Superposition des zones bâties avec les zones submersibles

Etienne (2014) a fait un travail équivalent en cartographiant l'intégralité des zones urbaines (incluant les surfaces dures adjacentes aux bâtiments, les routes et les jardins). Ceci explique les valeurs plus importantes indiquées, soit 719 ha en 2010, contre les 145 ha de la présente étude (qui mesure uniquement les surfaces de bâtiments).

8.7 Emplacement des nasses de chrafi

L'emplacement des nasses (points de collectes, Figure 27) des *chrafis* été digitalisé. Deux couches ont été générées, la première pour l'année 1939 sur la base de l'imagerie aérienne fournie par l'IFREMER, la deuxième est représentative de la période « actuelle » et est basée sur les images satellites haute résolution récentes collectées pour ce projet. Il est à noter que les dates d'acquisitions de ces images s'étendent sur la période Juin 2012 – Mai 2014, et que bien que « fixe » l'emplacement d'une pêcherie peut être déplacé, supprimé ou créé d'une année à une autre. Toutes les nasses ont été digitalisées afin d'être représentatives de l'effort de pêche dans la globalité.



Figure 27 Maquette du point de collecte d'une *chrafi* (créée par l'association jeunes science Kerkennah)

Au total, 160 nasses ont été répertoriées sur les images aériennes de 1939 et 1061 nasses sur les images satellitaires récentes (2012-2014) (Figure 28). Cependant, la surface couverte par l'imagerie disponible pour la période actuelle est bien plus étendue que celle couverte en 1939 et ces chiffres ne sont pas comparables. Le nombre de nasses « actuelles » dans la zone couverte par l'imagerie aérienne de 1939 se monte à 468, nous pouvons donc en conclure que le nombre de nasses a été multiplié par environ 3 entre 1939 et aujourd'hui.

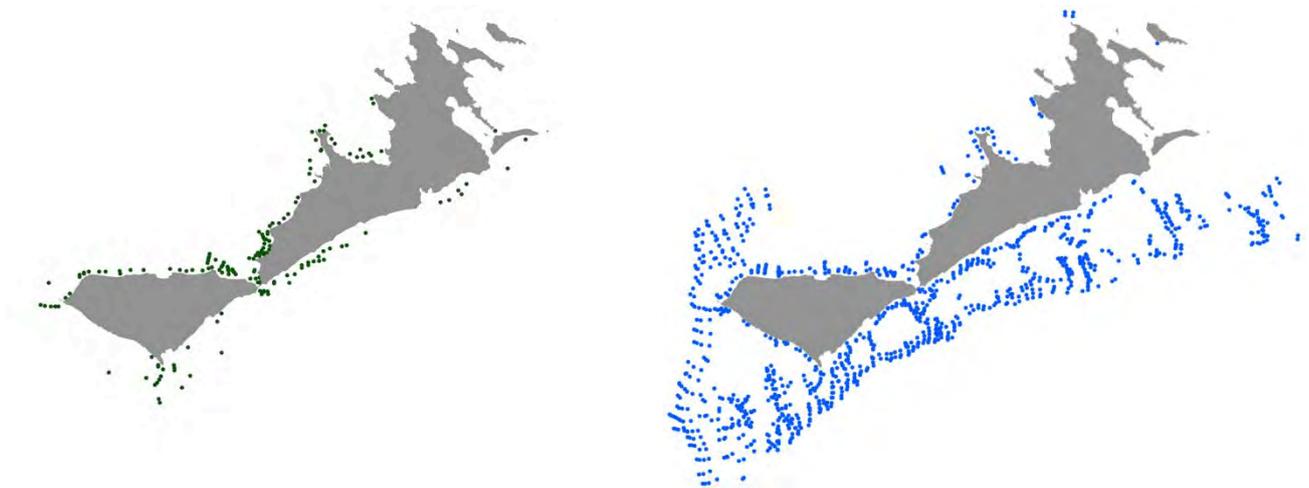


Figure 28 Emplacement des nasses des chrafis (1939 à gauche, « actuel » à droite)

8.8 Modèles numériques de terrains (MNT)

Deux sources de MNT différentes ont été évaluées dans le cadre de ce projet (SRTM et Aster GDEM toutes les deux à 30 m de résolution), mais aucune n'a été retenue faute de se corrélérer significativement avec les données topographiques vectorielles disponibles.

Les données vectorielles topographiques et bathymétriques disponibles étant trop grossières, elles ne permettent malheureusement pas de générer des MNT représentatifs à une échelle assez précise pour prendre en compte des élévations du niveau marin de l'ordre du décimètre. Ce problème étant également relevé par Etienne (2014).

La création et la mise à disposition de telles données devraient être une des priorités dans la collecte des données à venir. Des données d'élévations précises étant nécessaires pour appréhender de manière fiable et précise les risques de submersion et d'érosion. Des données de bathymétrie précises sont également indispensables afin de modéliser les courants et les dynamiques sédimentaires en vue de l'édification d'ouvrages efficaces de protection du littoral. Des données ponctuelles sont déjà disponibles et ont été intégrées à la base de données géographique générée par ce projet. Cependant, leur extension géographique est pour l'heure trop réduite pour permettre la création de MNT précis et représentatifs de toute la plateforme contenant l'archipel de Kerkennah.

9. Recommandations et conclusions

L'étude concernant les valeurs et les services rendus par les écosystèmes de l'archipel de Kerkennah dans l'atténuation des impacts physiques et socio-économiques de la variabilité et du changement climatique a duré deux années et a permis de confirmer les potentialités uniques de cet espace mais aussi de constater à nouveau que des pressions anthropiques et climatiques s'y exercent et induisent des impacts considérables.

Cependant, il est essentiel de souligner que la prise de conscience est là. L'implication et le niveau d'intérêt constant des différents acteurs locaux et nationaux lors des ateliers participatifs en est la preuve irréfutable. Le dynamisme qui est né de ces consultations ainsi que les produits de cette étude (recommandations d'implémentation d'actions concrètes et maintien et l'utilisation du géonode) nous encourage à penser que ces travaux inciteront les autorités nationales tunisiennes et les acteurs locaux à progresser dans la gestion durable des ressources de l'archipel.

Même s'il a été montré au travers de cette étude et de par l'ensemble des discussions qui ont émergé lors des ateliers participatifs que les moyens d'action contre les effets globaux du changement climatique sont limités à l'échelle de l'archipel, il est possible d'agir et d'entreprendre des actions locales pour une gestion durable des ressources et des écosystèmes.

9.1 Recommandations générales

L'archipel de Kerkennah est soumis à des fortes pressions et une dégradation importante de ses ressources naturelles. L'analyse conduite dans ce travail à travers la mobilisation de la connaissance produite à travers les précédents projets et études ainsi que la mobilisation de l'expertise nationale et locale a mis en exergue les problématiques prioritaires nécessitant une action urgente. Les trois facteurs prioritaires dont dépend la pérennité de l'archipel de Kerkennah et son développement sont la dégradation des ressources halieutiques, l'érosion du littoral et la salinisation des sols. Ces facteurs ont tous un impact non négligeable et durable sur les activités de l'archipel que sont la pêche, l'agriculture et le tourisme.

Par ailleurs, le problème principal récurrent dans tous les domaines d'activité est le non-respect de la législation en vigueur, impactant considérablement sur la qualité de vie et le potentiel de développement durable de l'archipel. Des mesures concrètes ont déjà été proposées par Rhouma et Labidi (2006) concernant les activités de pêche mais ne semblent toujours pas être appliquées (par exemple : renforcement des contrôles sur les circuits illicites de commercialisation, confiscation de barques et/ou de produits non conformes, contrôle des engins de pêche et interdiction de fabrication des filets non conformes etc.).

Par conséquent, des moyens nécessaires au respect de la réglementation doivent impérativement être débloqués. Ces mesures doivent également être accompagnées de programmes de sensibilisation des acteurs locaux sur des pratiques de pêche et une agriculture durable, ainsi que par l'assistance et le renforcement des Groupement de Développement Agricole (GDA). Concernant les extractions illégales de matériaux de construction, un système de surveillance et d'approvisionnement doit être mis en place.

Les infrastructures présentes sur l'archipel doivent être améliorées par des mesures concrètes et doivent également être complétées par un suivi régulier de la qualité des eaux du littoral. L'usine de traitement des déchets doit être mise en service au plus vite, suivie d'une campagne de collecte des déchets récents et anciens et une sensibilisation de la population au déversement sauvage de déchets. L'usine de traitement

des eaux usées doit également être entretenue et réparée, et l'émissaire en mer doit être rallongée. Une évaluation des impacts possibles des activités pétrolières en mer et des forages terrestres est nécessaire, afin d'élaborer un plan de sauvegarde en cas d'accident. Enfin, il est indispensable d'appliquer effectivement les règles du Domaine Public Maritime (DPM) afin d'interdire les actions isolées et non concertées d'aménagements côtiers inappropriés. Aussi, une étude approfondie de l'impact de la création de nouveaux périmètres irrigués sur la salinisation des sols et l'avancement des sebkhas est essentielle.

Sur un autre plan, l'archipel bénéficie d'écosystèmes remarquables (palmeraies, milieux humides, herbiers de phanérogames marines) qui méritent d'être restaurés et/ou préservés afin de contribuer à l'atténuation des pressions ci-dessus mentionnées. Les moyens à dispositions sont :

- La mise en place de programmes de sensibilisation de la population et des autorités locale sur l'utilité et la préservation des écosystèmes,
- La mise en place d'activités de suivi cartographique de l'extension et de l'état des écosystèmes (notamment des herbiers),
- La création d'aires marines protégées (AMP) et de périmètres de protection,
- La pose de récifs artificiels dans les zones sensibles, afin de garantir la reproduction des espèces marines et pour protéger les herbiers des activités de chalutage,
- Soutient des ONG locales actives dans la préservation de l'environnement (par exemple ; Jeunes science Kerkennah, El Majarra),
- La création d'un institut de recherches marines et/ou agricoles pour la valorisation des bonnes pratiques locales et leur généralisation,
- La mise en place de mesures de protection du patrimoine archéologique des impacts naturels et anthropiques,
- La réparation des récifs abimés en place et remplacer les ouvrages de protection installés par les habitants.

De nombreuses études ont été conduites sur l'archipel depuis plus d'une dizaine d'années, générant une connaissance approfondie sur toutes les problématiques de l'archipel ainsi qu'un nombre considérable de données spatiales. Le problème réside dans le manque de centralisation et du partage de l'information, incitant au réplica d'études et de données.

Les prochaines actions (ou projets) doivent être centrées dans la mise en œuvre des recommandations formulées dans ce rapport et/ou dans les études précédentes, ainsi que sur le maintien et la mise à disposition d'informations centralisées.

La plateforme web développée durant ce projet, est une application permettant de développer des Systèmes d'information Géographique (SIG) et de déployer des infrastructures de données spatiales.

La création dans le cadre de ce projet d'une base de données géographiques et d'un site web permettant de visualiser et d'accéder facilement à l'information permettra de gagner du temps lors de prochaines études et d'éviter les doublons. Cette technologie sera transmise à l'APAL afin qu'elle puisse maintenir la base de données à jour et la peupler de nouvelles informations.

Les données manquantes qui devraient être générées prioritairement dans de futurs projets sont :

- Création de Modèles Numériques de Terrain (topographie et bathymétrie) à une résolution permettant la modélisation du risque lié au changement climatique ainsi que la mise en place d'ouvrages de protection des côtes. Pour ce faire les données d'altitude disponibles dans le CD « cartographie numérique des noyaux urbains de Kerkennah » intégrées au SIG, ainsi que les activités de collecte de données entreprises dans le cadre des activités de la KFW devrait grandement faciliter ces tâches,
- Statistiques de pêche précises et localisées,
- Recensement du nombre de visiteurs (par exemple ; à l'aide d'un formulaire distribué dans le bac),

Références

- Amari, A. 1984. Contribution à la connaissance hydrologique et sédimentologique de la plateforme des Kerkennah. Thèse de 3ème cycle. Géologie appliquée au domaine marin et océanologie. Université de Tunis, Tunisie. 251pp.
- APAL, 2001. Etude de gestion de la zone sensible littorale des îlots nord-est de Kerkennah (phase 1: caractérisation du milieu naturel). Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 40 p.
- Barale, V., 1994. Mediterranean colours. La lettre de la Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Méditerranée. CIESM, 4 p.
- Blanpied C., Burollet P. F., Clairefond P., Shimi M. 1979. Sédiments actuels et Holocènes. La mer Pélagienne, étude sédimentologique et écologique du plateau tunisien et du golfe de Gabès. Ann. Univ. Provence, Fr., 6(1): 61-82.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub., Monaco : 202 p.
- C.G.P., 1996. Annuaire des statistiques des pêches en Tunisie. Ministère de l'agriculture, Tunisie.
- COMETE Engineering. 2001. Zone sensible Bordj El H'ssar – Kerkennah. 105 p.
- Dahech, S. 2007. Le vent à Sfax (Tunisie), impacts sur le climat et la pollution atmosphérique. Thèse de l'Université de Paris 7, 351 p.
- Dahech, S. et Beltrando, G. 2012. Observed temperature evolution in the City of Sfax (Middle Eastern Tunisia) for the period 1950–2007. Climatic Change. 114 (3-4), pp: 689-706.
- Drira, Z. 2009. Contribution à la compréhension du fonctionnement du Golfe de Gabès: Etude des caractéristiques dynamiques et structurales des communautés phyto-zooplanctoniques en relation avec la variabilité environnementale et les caractéristiques hydrographiques des zones côtières et océaniques. Thèse de Doctorat. Université de Sfax, INSTM, Université de Franche-Comte, 230 p.
<http://indexation.univ-fcomte.fr/nuxeo/site/esupversions/86664012-6524-421e-a05b-fa1cdf1c1313>
- Etienne, L. 2014. Accentuation récente de la vulnérabilité liée à la mobilité du trait de côte et à la salinisation des sols dans l'archipel de Kerkennah (Tunisie). Thèse de Doctorat. Université, Paris Diderot (Paris 7) Sorbonne Paris Cité; Université de Sfax (Faculté des Lettres et Sciences Humaines), 327 p.
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01075029>
- Fehri, N. 1998. Les aspects de dégradation des milieux "naturels" et les possibilités d'aménagement dans la zone centrale des îles Kerkennah (Tunisie centro-orientale). Mémoire de Maîtrise, FLSH de Sfax, 50 p.
- Fehri, N. 2011. La palmeraie des Îles Kerkennah (Tunisie), un paysage d'oasis maritime en dégradation : déterminisme naturel ou responsabilité anthropique ? », *Physio-Géo*, Volume 5.
- Hamza, A., Bouain, A. & El Abed, A. 2000. Observations sur la floraison et la fructification de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Dellile sur les côtes du golfe de Gabès (Tunisie). *Mésogée* 58: 93-99.
- Harzallah, A., Nejmeddine Bradai, M., Ben Salem, S. et Hattour, A. 2010. Biogeophysical and social vulnerability indicators: Coastal cases studies information sheet: Gulf of Gabès, Tunisia. CIRCE, 19 p.
http://www.cru.uea.ac.uk/projects/circe/Gabes_vulnerability_infosheet_updated.doc
- Kebaili Tarchouna, M. 2013. L'archipel de Kerkena: organisation de l'espace et aménagement. Thèse de l'Université de Tunis. Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis. Ecole Doctorale : Structures, Systèmes et Modèles, 301 p.
- Louis, A. 1961. Les îles Kerkena (Tunisie): Etude d'éthographie tunisienne et de géographie humaine. Thèse de l'Université de Paris, 447 p.
- Malek, F. 2007. Rapport de stage, société : SONEDE. Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax. 9p.
- Missaoui, H., Jabeur, C., Gobert, B., Jarboui, O. & El Abed, A., 2000. Analyse typologique de la flottille chalutière du golfe de Gabès (Sud Est de la Tunisie). *Bulletin de l'institut National et Technologie de la Mer de Salammbô* 27: 15-33.
- Mounir, B.B. 2004. Contribution à l'étude de la Posidonie *Posidonia oceanica* sur les îles Kerkennah : Phénologie et épiphytisme. Master en écologie générale, Université de Sfax et INSTM. 120p.

- Mustapha, B., K., Alfi, A., 2007. Quelques traits de la biodiversité marine de Tunisie-Proposition d'aires de conservation et de gestion, Annex of GCP/RER/010/ITA/MSM-03 (MedSudMed Technical Documents n°3), FAO MedSudMed, 24 p.
- Norrant, C. et Douguédroit, A. 2005. Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950-2000). *Theor. Appl. Climatol.* 83 (1-4), pp: 89-106.
- Peduzzi, P., Velegakis, A., Estrella, M. & Chatenoux, B. 2013. Integrating the role of ecosystems in disaster risk and vulnerability assessments: Lessons from the Risk and Vulnerability Assessment Methodology Development Project (RiVAMP) in Negril, Jamaica. The role of ecosystems in disaster risk reduction.
- Pergent, G., Calvo, S., Cancemi, G., Djellouli, A., Dupuy de la Grandrive, R., Langar, H., Pergent-Martini, C., Tomasello, A., 2010. Nouvelles connaissances sur les herbiers tigrés, de Méditerranée, Proceedings of the 4th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Yasmine-Hammamet, 2-4 December 2010, 95-98.
- Pergent G., Bazairi H., Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Buia M.C., Clabaut P., Harmelin-Vivien M., Mateo M.A., Montefalcone M., Morri C., Orfanidis S., Pergent-Martini C., Semroud R., Serrano O., Verlaque M. 2012. Mediterranean Seagrass Meadows: Resilience and Contribution to Climate Change Mitigation, A Short Summary / Les herbiers de Magnoliophytes marines de Méditerranée : résilience et contribution à l'atténuation des changements climatiques, Résumé. Gland, Switzerland and Málaga, Spain: IUCN. 40 pages.
- Pergent, G., Langar H., Pergent-Martini C. 2008. Missions aux îles Kerkennah (Tunisie) : Limite supérieure. Programme « MedPosidonia » / CAR/ASP - Fondation d'entreprise TOTAL pour la Biodiversité et la Mer ; Mémoire d'accord 01/CAR/ASP – MedPosidonia / 2007: 5p.
- Rais, C., Pergent, G., Dupuy de la Grandrive, R. & Djellouli, A. 2009. Rapport sur le Projet MedPosidonia. UNEP(DEPI)/MED, MAP, CAR/ASP, 137 p. http://www.rac-spa.org/sites/default/files/meetings/nfp9/fr/wg_331_inf_11_fr.pdf
- Rhouma, A., Labidi, A. 2006. Diagnostic participatif de l'état de la pêche traditionnelle aux îles Kerkennah. Lions club Sfax Thyna, PNUD, FEM/GEF, 37 p.
- Rhouma, A., Nasr N., Ben Salah M., Allala M. 2005. Analyse de la diversité génétique du palmier dattier dans les Iles Kerkennah. PGRI, UNDP, FEM/GEF & INRAT
- Romdhane, M. & Missaoui, H. 2002. Rapport national sur la biodiversité marine et côtière en Tunisie. Programme d'action stratégique pour la conservation de la biodiversité en Méditerranée (PAS/BIO), INAT-CAR/ASP, 50 p. http://medmpa.rac-spa.org/pdf/tunisia_fr.pdf
- Saidani, N. 2007. Rapport du centre hydrographique et océanographique de la marine nationale de la Tunisie. 5 p.
- Serbaji, M.M., 2000. Utilisation d'un SIG multi-sources pour la compréhension et la gestion intégrée de l'écosystème côtier de la région de Sfax (Tunisie). Thèse de Doctorat. Université de Tunis II. 152 pp.
- Slim, H., Troussset, P., Paskoff, R. et Oueslati, A. 2004. Le littoral de la Tunisie, Etude Géoarchéologique et Historique. CNRS Edition, 308 p.
- UNEP, PIOJ. 2010. Risk and Vulnerability assessment Methodology Development Project (RiVAMP) : Linking Ecosystem to Risk and Vulnerability Reduction, the case of Jamaica. 99 p.

Liens internet

Institut National de la Statistique (premiers résultats du recensement 2014) :

<http://rgph2014.ins.tn/fr/resultats>

Institut National de la Statistique (recensement 2004) :

http://www.ins.nat.tn/fr/rgph2.1ens.php?Code_indicateur=0301001

Institut National de la Statistique (pyramide des ages 2004) :

http://www.ins.nat.tn/fr/district_rgph1.php?Code_indicateur=0316002

Liste des contributeurs

Cartographie

- L'APAL dispose de données sur la couverture végétale pour deux périodes de campagne en 2009 et 2010.
- Des données cartographiques complémentaires concernant la couverture végétale peuvent être obtenues auprès de l'INSTM (*La personne ressource identifiée est M. Karim Ben Mustapha*).
- Par ailleurs, le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche a réalisé une cartographie dans le cadre de l'étude avec l'appui du bureau Géomatics sur l'archipel de Kerkennah (*La personne ressource identifiée est M. Mohamed Salah Ben Romdhane*).

Photos aériennes

- L'Institut Ifremer dispose de photos aériennes de l'archipel de Kerkennah qui datent de 1939 mais qui ne sont pas géo-référencées.
- Le Centre National de Cartographie et de Télédétection (CNCT) dispose de photos aériennes partielles pour 1973 et 1980 qui permettent de visualiser les variations du rivage pour quatre périodes de temps pour quatre sites.
- Les photos de 1973 permettent de visualiser très clairement l'emplacement des pêcheries fixes. L'équipe de l'APAL en charge du projet de la KfW a entrepris les démarches auprès de la CNCT pour l'obtention de ces données (*La personne ressource identifiée est M. Med Bechir Nasra*).

Faune et Flore

- Un inventaire de la faune et de la flore de l'archipel de Kerkennah a été réalisé par l'Institut National des Sciences et des Technologies de la Mer (INSTM) dans le cadre d'un projet concernant le Golfe de Gabès. L'inventaire est disponible à l'APAL.

Océanographie

- Des données bathymétriques sont disponibles à l'INSTM. Toutefois, il faut noter que les mesures ne sont pas effectuées pour les faibles bathymétries (avant l'isobathe -20m). (*La personne ressource identifiée est M. Cherif Sameri*).

Hydrodynamisme / Courantologie

- Toutes les études concernant l'hydrodynamisme se réfèrent aux données anciennes d'Ameri (1982).
- De nouvelles simulations sont réalisées par l'Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis (ENIT), ces simulations ont fixé deux ou trois niveaux de houles et ont permis de schématiser la circulation autour des îles de Kerkennah (*Les personnes ressources identifiées sont M. Béchir Bejaoui et M. Mahmoud Moussa*).
- Des courantomètres ont été implantés par l'INSTM. Le nombre et la position des différents courantomètres peuvent être communiqués par Mme Oula Amrouni. Un marégraphe a été immergé à Kerkennah pour une durée de trois mois dans le cadre d'une collaboration entre l'Association Jeunes et Sciences (AJS) et l'INSTM. Les données sont disponibles chez l'AJS.
- Des données de marégraphes enregistrées en 2007/2008 ont été publiées par Mr. Jamel Hatour de l'INSTM.
- Par ailleurs, les vents doivent être pris en considération dans l'étude. Néanmoins les données disponibles concernent Sfax et non l'archipel de Kerkennah ; alors que les conditions de vents sont différentes entre l'archipel et Sfax. M. Béchir Bejaoui a mentionné qu'il a effectué des simulations vent/courants marins. Par contre, ces simulations ne sont pas encore validées.

Données météorologiques

- L'APAL dispose de données météorologiques pour 2007 et 2008.
- Il est utile de souligner que des données météorologiques ont été collectées dans le cadre d'une étude réalisée pour le compte du Ministère de l'Industrie et portant sur le Golfe de Gabès. Ces données peuvent servir pour l'étude.

Données économiques

- Les données économiques, y compris PIB, etc... sont disponibles soit par secteur d'activité soit par région. Le Commissariat Général du Développement Régional (CGDR) dispose de données économiques par région (Document d'Aménagement Economique). Une appréciation du PIB de Kerkennah peut être avancée en croisant les données économiques par région et par secteur d'activité (pêche et pétrole).
- Un rapport « Les gouvernorats en chiffres » est disponible au CGDR et contient des données économiques qui peuvent aussi servir à l'étude.
- M. Lahbib Ben Chikha, en sa qualité de chef de la Cellule Territoriale de Vulgarisation Agricole de l'archipel de Kerkennah. En effet il est informé des différents projets menés dans l'archipel et serait aussi dépositaires de certaines données utiles.

Plans d'aménagement existants

- Le Ministère de l'Équipement, de l'Aménagement du Territoire et du Développement Durable a chargé un bureau d'étude de la révision des plans d'aménagements urbains de 2005, le plan d'aménagement devrait être mis à jour en juillet 2015.
- En 2014, l'Office National du Tourisme Tunisien (ONTT) a publié la liste des zones touristiques.

Participants à l'atelier I

Titre	Nom	Prénom	Organisation	E-mail	Tel. Mobile	Tel. Fixe	Fax
Mme	ABDELMALEK	Raja	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	r.abdelmalek@apal.nat.tn		71 906 577	71 908 460
M.	ABDOULI	Adel	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	a.abdouli@apal.nat.tn	98 269 038	71 908 566	71 908 460
Mme	Ajala	Nadia	Direction Générale des Ressources en Eau- DGRE	ajala_nadia@yahoo.fr		71 560 000	
Mme	AMROUNI	Oula	Institut National des Sciences et des Technologies de la Mer- INSTM	oulabz@yahoo.fr	21 666 858		
M.	BARKIA	Abd			94 163 000		
M.	BEJAOUI	Bechir	Institut National des Sciences et des Technologies de la Mer- INSTM				
Mme	BEN ABDELADHIM	Leila	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	l.benabdeladhim@apal.nat.tn			
Mme	BEN GARGA	Asm	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	g.asma@apal.nat.tn		71 906 577	71 908 460
Mme	BEN HOUIDI	Kaouther	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	k.benhouidi@apal.nat.tn	97 348 382	71 908 406	71 908 460
M.	BEN MAKHLOUF	Mohamed	Office National de l'Assainissement- ONAS Sfax	mbmonas@yahoo.fr	98 656 615		
Mme	BEN MBAREK	Nabiha	Agence Nationale de Protection de l'Environnement- ANPE	nabiha_2003@yahoo.fr	98 243 961		
M.	BEN MILOUD	Abdessatar	Association Tunisienne pour la Protection de la Nature et de	abdessatarbenmiloud@topnet.tn	98 338 261		

Titre	Nom	Prénom	Organisation	E-mail	Tel. Mobile	Tel. Fixe	Fax
			l'Environnement -ATPNE				
M.	BEN RHOUMA	Adel	Office National du Tourisme Tunisien -ONTT	adelbenrhouma@yahoo.fr		71 830 887	
Mme	BEN ZAKOUR	Meriam	Global Water Partnership Mediterranean- GWP-Med	meriam@gwpmed.org	20 136 383		
M.	CHATENOUX	Bruno	UNEP-GRID	Bruno.chatenoux@unepgrid.ch	+41 22 917 83 46		
M.	CHIHAOUI	Mahmoud	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	Boc@apal.nat.tn		71 906 907	71 908 460
Mme	DHOUIOUI	Hajer	Institut National de la Météorologie- INM	dhouiouih@gmail.com	50 966 968		
M.	DRIDI	Mohamed Ali	Banque Nationale des Gènes- BNG	dridi-alitn@yahoo.fr	50 609 614		
M.	ESSAFI	Moez	GEOMATIX	moezessafi@geomatix-international.com	22 599 914	71 233 257	71 233 255
M.	FEKI	Morsi	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- Sfax	morsitn@yahoo.fr	22 691 234		
M.	FEZZANI	Abdessalem	THETIS	abd_fezzani@yahoo.fr	93 886 073		
Mme	GUELLOUZ	Saba	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	s.guellouz@apal.nat.tn	96 612 016	71 908 566	71 905 460
M.	KACHOURI	Mohamed Nejib	Association El MAJARRA	mohamednejib@gmail.com	26 567 623		
M.	KAFFEL	Habib	Commissariat Régional de Développement Agricole de Sfax-	habibkaffel@yahoo.fr	98 608 979		

Titre	Nom	Prénom	Organisation	E-mail	Tel. Mobile	Tel. Fixe	Fax
			CRDA Sfax				
Mme	KETATA	Mouna	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	m.ketata@apal.nat.tn	98 578 589	71 906 577	71 908 460
Mme	KSIA	Anissa	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	a.ksiaa@apal.nat.tn	95 827 709		
M.	LAFITTE	Antoine	Plan Bleu	alafitte@planbleu.org	+33 4 92 38 71 42		
Mme	LOUHICHI	Radhia	Réseau Enfants de la Terre- RET	association.ret@gmail.com	97 025 605	71 222 156	71 222 156
M.	MASTOURI	Temim	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	t.mastouri@apal.nat.tn		71 906 577	71 908 460
M.	NASRE	Mohamed Bechir	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	mb.nasra@apal.nat.tn	22 517 486	71 906 577	71 908 460
M.	NOUAILI	Rafik	Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture- Ministère de l'Agriculture	nouailirafik@yahoo.fr		71 782 635 (5228)	
M.	OUEGHI	Atef	CAR/ASP	atef.ouerghi@rac-spa.org	20 510 728		
M.	OUESLATI	Ameur	Université de Tunis	oueslatiameur@yahoo.fr	98 261 642		
Mme	RAIES	Safines	Direction Générale des Ressources en Eau- DGRE	safines_raies@yahoo.fr	71 560 000		
M.	ROMDHANE	Mohamed Salah	Institut National Agronomique de Tunis- INAT	ramadhanms@gmail.com	97 325 090	71 799 391	71 287 110
M.	RAOLHAMI	Adel	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL		98 623 780		
M.	SGHIR	Bassem	Agence de Protection et	b.sghir@apal.nat.tn	98 376 602	71 906 577	71 908 460

Titre	Nom	Prénom	Organisation	E-mail	Tel. Mobile	Tel. Fixe	Fax
			d'Aménagement du Littoral- APAL				
M.	TORKI	Mohamed	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral- APAL	m.torki@apal.nat.tn		71 909 486	71 908 460
Mme	TOUZI	Sarra	Global Water Partnership Mediterranean- GWP-Med	sarra@gwpmed.org	22 599 391		
M.	ZOUARI	Hedi	CERTE Association MAJARRA	hedizouari@topnet.tn	98 691 769		
Mme	ZOUARI	Najoua	Association MAJARRA	najouzouari@topnet.tn	97 494 694		

Participants à l'atelier II

N°	Nom	Prénom	Organisation	Position	Téléphone	Fax	E-mail
1	ABDOULI	Adel	APAL	Ingénieur Principal	98 269 038		a.abdouli@apal.nat.tn
2	ALLENBACH	Karin	UNEP/GRID Genève	Coll. Scientifique	0041229178645		allenbach@unepgrid.ch
3	ATOUI	Abdelfatteh	DHU	Ingénieur	23 134 851		abdelfattah.atoui@gmail.com
4	AZABOU	Hamadi	GDA Ramla	Directeur	98 907 465		
5	BARKIA	Abdennaceur	Municipalité de Kerkennah	Secrétaire Général	94 163 000		
6	BARKIA	Naceur	Municipalité de Kerkennah		74 163 000	74 481 107	
7	BEJAOUI	Bechir	INSTM	Chercheur	98 379 839		bejaoui.bechir@instm.rnrt.tn
8	BEN AZZAZA	Amal	CRDA Sfax	Ingénieur	96 625 901		benazzazaamal@yahoo.com

9	BEN HOUIDI	Kaouther	APAL- Observatoire du Littoral	Ingénieur Principal	71 906 577	71 908 460	k.benhoudi@apal.nat.tn
10	BEN MAHMOUD	Sihem	CRDA Sfax	Ingénieur	55 921 925		sihembenmahmoud@yahoo.fr
11	BEN MARZOUK	Chiheb	SECNVS (Projet TAPARURA)		28 537 357		chiheb.benmarzouk@secnvs.com.tn
12	BEN ZAKOUR	Meriam	GWP-Med	Chargée de Programmes Adjointe	20 136 383		
13	BOUGDAR	Habib	CRDA Sfax- Génie Rural		98 488 644		kerkenihb@gmail.com
14	BOUZRARA	Fethi	Délégation Spéciale de Kerkennah	Président			
15	EZZEDINE	Néji	GDA Ouled Ezzedine	Pêcheur	26 691 862		
16	FEKI	Morsi	APAL	Cadre Technique	97 266 586		morsitn@yahoo.fr
17	FGAIER	Assia	CRDA Sfax	Technicien Supérieur en GR	52 417 862		Assia.assa@gmail.com
18	GARGOURI	Taoufik	ANPE	Directeur Régional	74 407 590 98 621 860	74 403 590	
19	HARZALLAH	Ali	INSTM	Professeur Chercheur	53 859 031	71 732 622	ali.harzallah@instm.rnrt.tn
20	HBIRI	Sana	URAP Sfax	Ingénieur Stagiaire	21 289 729		sanahbiri@hotmail.fr
21	HLIOUI	Noureddine	AKDDCL		99 111 110		nourihlioui@gmail.com
22	HMANI	Mohamed	Direction Générale de la Pêche	Directeur de la Conservation des Produits	71 890 784	71 799 401	m.hmani09@yahoo.fr

				Halieutiques			
23	JAZIRI	Sayda Rahma	APAL		25 274 420		rahma.jaziri@gmail.com
24	JOMNI	Soumaya	CRDA Sfax	Technicien Supérieur	23 298 133		soumaya.stf@hotmail.fr
25	JRIBI	Achref	CRDA Sfax	Ingénieur	21 056 088		achraf.jribi@yahoo.fr
26	KACHOURI	Mohamed Nejib	Association El Majarra	Ingénieur	26 567 623		mohamednejibkachouri@gmail.com
27	KAFFEL	Habib	CRDA Sfax- ESA	Ingénieur	98 608 979	74 228 979	habibkaffel@hayoo.fr
28	KEBAILI	Taoufik	Municipalité de Kerkennah	Ingénieur Adjoint	24 288 558	74 481 107	
29	KSOMTINI	Amir	DGSAM	Sous- Directeur	97 358 113	71 797 461	k.amir@yahoo.fr
30	LAFITTE	Antoine	Plan Bleu	Chargé de Missions			alafitte@planbleu.org
31	MECHI	Faycel	Commune de Kerkennah	Technicien	95 984 845		mchfaycal@gmail.com
32	NASRA	Mohamed Bechir	APAL	Cadre Technique Principal	95 815 680		mb.nasra@apal.nat.tn
33	NEBLI	Bochra	CCPO	Membre	21 469 609		
34	OTHMANI	Achref	INSTM	Chercheur	21 953 212		achrefothmani@live.fr
35	PEDUZZI	Pascal	PNUE/ GRID- Genève	Directeur	+41229178237		Pascal.Peduzzi@unep.org
36	REJICHI	Housseem Eddine	APAL	Ingénieur	97 441 422		h.rejichi@apal.nat.tn
37	SASSI	Monji	APAL Sfax		74 200 488	74 200 321	
38	SOUISSI	Ali	AKDDCL	Enseignant	99 531 956		souissy-aly@yahoo.fr
39	TABIB	Jamel	DGSAM	Directeur	98 451 413		toloxz@yahoo.fr

40	TOUZI	Sarra	GWP-Med	Chargée de Programmes	22 599 391		sarra@gwpmed.org
41	YANGUI	Souhaïel	GDA		21 019 207		

Annexes

Quantification de l'érosion côtière par Etienne(2014)

Etienne (2014) a quantifié selon les règles de l'art l'érosion du littoral de l'archipel pour la période 1963-2010. Pour ce faire, elle a scanné et géo-référencé (en leur appliquant une transformation polynomiale du second degré afin de minimiser les déformations) 59 photographies aériennes de 1963 en se basant sur une image satellite SPOT-5 de 2010 afin d'en comparer les lignes de rivages lors d'une analyse diachronique.

Etienne (2014) a été confronté à plusieurs difficultés :

- images aériennes déformées sur leurs marges, seul leur centre a été conservé,
- existence de peu de points durs (points de calages tels que bâtiments, ou croisement de routes), elle a donc dû utiliser un grand nombre (110 par image en moyenne) de points mous (palmiers ayant subsistés),
- méconnaissance des horaires de prises de vues (de plus, il n'existe pas de datum marégraphique pour l'archipel de Kerkennah),
- types de côtes variés, complexifiant la détection précise du trait de côte (la position de la végétation littorale a été utilisée dans certains sites),
- type d'images différents (noir et blanc contre multi-spectrale), les images aériennes pouvant par endroit être saturées.

La faible déclivité de la bathymétrie et la faible largeur de plages, combinées à une grande amplitude de marée, fait varier la position du trait de côte de plusieurs mètres entre les basses et les hautes eaux, compliquant considérablement la quantification du mouvement du trait de côte.

Données mises à disposition par les partenaires

APAL (par l'intermédiaire du point focal M. Adel Abdouli)

type	Année	nom_couche	format	Description
Données vectorielles		bathyme.shp	ligne	Courbes bathymétriques
Données vectorielles		bathymetrie.shp	ligne	Bathymétries
Données vectorielles		caulepe.shp	polygone	Couverture Caulerpa
Données vectorielles		cymodocea.shp	polygone	Couverture Cymodocea
Données vectorielles		cos.shp	polygone	Occupation du sol
Données vectorielles		couraant_final.shp	point	Bouée
Données vectorielles		digue.shp	ligne	Digues et canaux
Données vectorielles		dunes.shp	polygone	Dunes
Données vectorielles		espace_bati.shp	polygone	Zones urbaines
Données vectorielles		estran.shp	polygone	Estran
Données vectorielles		geomorphologie.shp	polygone	geomorphologie
Données vectorielles		Hauts-fonds.shp	polygone	Hauts fonds
Données vectorielles		kerkenna.shp	ligne	Etat de la ligne de côte
Données vectorielles		NDD-CN.shp	ligne	Courbes de niveau
Données vectorielles		ndd-geol_fina.shp	polygone	Carte géologique
Données vectorielles		NDD-houle.shp	point	Bouée
Données vectorielles		NDD-maree.shp	point	Bouée
Données vectorielles		NDD-PC.shp	point	Points d'altitude
Données vectorielles		pedologie_final.shp	polygone	Carte pédologique
Données vectorielles		point_bathy.shp	point	Bathymétries
Données vectorielles		population.shp	polygone	Principaux centres urbains
Données vectorielles		posidonie.shp	polygone	Couverture Posidonia
Données vectorielles		pression_urbaine.shp	ligne	Zones d'extension urbaine
Données vectorielles		repar_pop_zone.shp	polygone	Répartition de la population

Données vectorielles		route.shp	ligne	Voies de communications
Données vectorielles		s_nuisances.shp	point	Sites de nuisance
Données vectorielles		schorres.shp	polygone	Schorres
Données vectorielles		sebkha.shp	polygone	Sebkhas
Données vectorielles		secteurs.shp	polygone	Secteurs
Données vectorielles		sites-points.shp	point	Points d'intérêt
Données vectorielles		vegetation_terre.shp	polygone	Carte des sols
Données vectorielles		vuln_submers_enm.shp	polygone	Zones submersibles
Données vectorielles		zonage_marin.shp	polygone	Zones marines
Données vectorielles		zones_themes.shp	polygone	Zones d'activités
Images_Satellite		bounoma_1.jpg	raster	
Images_Satellite		bounoma_2.jpg	raster	
Images_Satellite		ouled_bou_ali.jpg	raster	
Images_Satellite		ouled_bou_ali_2.jpg	raster	
Images_Satellite		ouled_gacem.jpg	raster	
Images_Satellite		ouled_yaneg.jpg	raster	
Images_Satellite		sidi_fraj.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1939	Image09_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1939	Image11_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1939	Image13_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1939	Image15_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1939	Image16_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1939	Image37_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1939	Image38_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1939	Image44_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1939	Image51_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1974	image_160_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1974	image_161_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1974	image_183_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1974	image_230_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	1992	Image52_Geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_100_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_101_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_25_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_50_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_51_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_75_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_76_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_78_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_80_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_82_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_83_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_84_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_94_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_96_geo.jpg	raster	
Photos_Aeriennes	2002	image_98_geo.jpg	raster	

Table 5 Synthèse des données fournies par l'APAL

GRID-Genève

Imagerie aérienne 1939

Titre: Imagerie aérienne 1939

Résumé: Images aériennes de 1939 à une résolution effective d'environ 1 mètre pour la quasi-totalité de l'archipel de Kerkennah (Figure 21). Les images ont été préparées par l'IFREMER et financées par l'UNEP/GRID-Genève. Elles sont distribuées sous licence ouverte (http://wiki.data.gouv.fr/wiki/Licence_Ouverte/Open_Licence) et prochainement disponibles au public à <http://sextant.ifremer.fr/fr/>.

Système de coordonnées: Carthage / UTM zone 32N (epsg:22332)

Date de référence: 1939

Créateur: Bruno Chatenoux (UNEP/GRID-Genève) bruno.chatenoux@unepgrid.ch

Status: Le calage des ces images n'est pas assez précis pour estimer le déplacement des objets visibles au cours du temps.

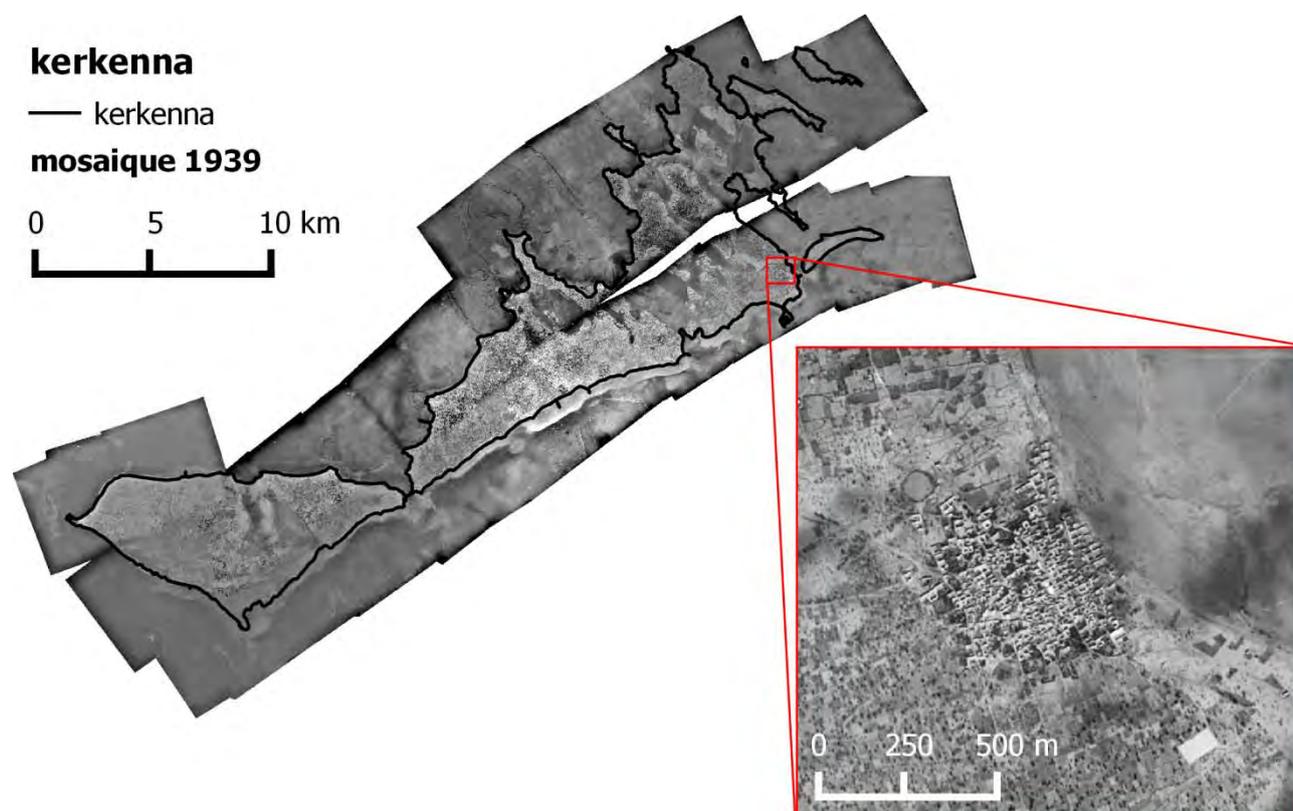


Figure 29 Mosaïque de la couverture des images aériennes 1939 (fournisseur : IFREMER)

Bâtiments 2012-2014

Titre: Emprise des bâtiments sur l'Archipel de Kerkennah (2012-2014).

Résumé: Emprise des bâtiments sur l'Archipel de Kerkennah cartographiés à l'aide des fonctions de classification orientée objet (segmentation) du logiciel libre Spring (<http://www.dpi.inpe.br/spring/francais/index.html>) sur des images satellite Quickbird et WorldView 2 prises entre le 14 Juin 2012 et le 4 Mai 2014. La couverture des zones non couverte par les images satellites a été digitalisée manuellement à l'aide d'images Google Earth et Bing Map.

Système de coordonnées: Carthage / UTM zone 32N (epsg:22332)

Date de référence: 14 Juin 2012 et le 4 Mai 2014

Attributs:

cat: identifiant unique utilisé lors de la préparation des données.

Créateur: Bruno Chatenoux (UNEP/GRID-Genève) bruno.chatenoux@unepgrid.ch

Status: Données non validées

Afin de pouvoir distribuer la population de l'Archipel de Kerkennah et faute de données de recensement détaillées ainsi que les fortes variations saisonnières en terme de résidents et de visiteurs (14'400 et plus de 200'000 respectivement), la couverture des bâtiments a été cartographiée à l'aide des bandes panchromatiques des images satellite haute résolution à disposition en utilisant les fonctionnalités de classification objet du logiciel libre Spring (<http://www.dpi.inpe.br/spring/francais/index.html>).

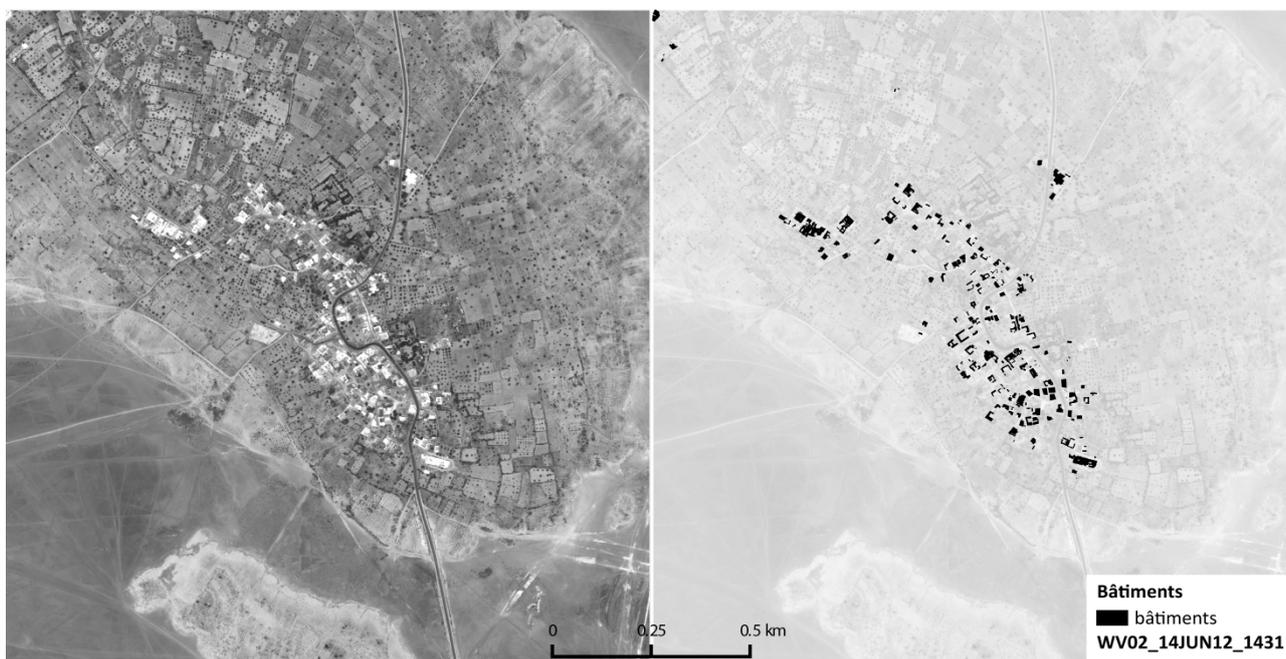


Figure 30Extraction des bâtiments du village d'Echargui

Pourcentage bâtiments 2012-2014

Titre: Grille virtuelle de 250 mètre de résolution représentant le pourcentage de l'emprise des bâtiments sur l'Archipel de Kerkennah (2012-2014).

Résumé: Grille virtuelle de 250 mètre de résolution représentant le pourcentage de l'emprise des bâtiments sur l'Archipel de Kerkennah (2012-2014).

Système de coordonnées: Carthage / UTM zone 32N (epsg:22332)

Date de référence: 14 Juin 2012 et le 4 Mai 2014

Attributs:

ID: Identifiant unique de chaque cellule de la grille virtuelle.

build_area: Somme de la surface de bâtiment (en mètres carrés) pour chaque cellule de la grille virtuelle

pcBuild: Pourcentage de surface bâtie par cellule (= build_area / somme(build_area de l'archipel) * 100

Créateur: Bruno Chatenoux (UNEP/GRID-Genève) bruno.chatenoux@unepgrid.ch

Status: Données non validées

A partir de la couche des bâtiments ci-dessus, le pourcentage de surface par rapport au total de surface bâtie de l'archipel (1'458'866 m²) a été calculé pour chaque cellule d'une grille virtuelle de 250 mètres de résolution.

La Figure 31 présente un zoom sur le village d'Alataya, avec en gris la couverture des bâtiments et en dégradé orange-rouge le pourcentage de surface bâtie de l'archipel contenu dans chaque cellule d'une grille virtuelle (par exemple une valeur de 1 signifie que la cellule de 250 m x 250 m contient 1% de la surface bâtie de l'archipel de Kerkennah). Cette couche de pourcentage permet une représentation de la répartition des surfaces bâties que l'on pourra ensuite utiliser pour répartir la population vivant ou visitant l'archipel.

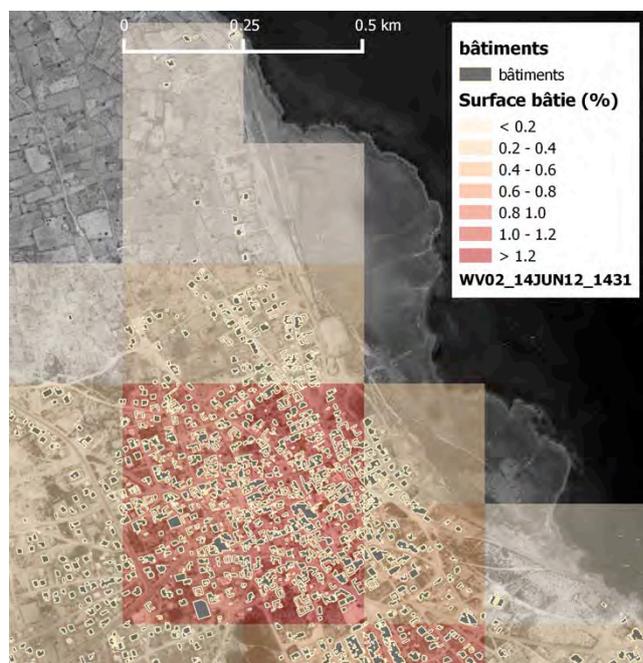


Figure 31 Zoom (village d'Alataya) sur la répartition des bâtiments sur l'archipel de Kerkennah

Végétation subaquatique 1939

Titre: Cartographie partielle de la végétation subaquatique (herbiers) de l'Archipel de Kerkennah (1939)

Résumé: Cartographie partielle de la végétation subaquatique de l'Archipel de Kerkennah basée sur les photographies aériennes de 1939 (source IFREMER). Les herbiers sont composés des espèces *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Caulerpa prolifera*, *Halmeda tuna*.

Liste des photographies aériennes utilisées:

694_3840.tif, 694_3841.tif, 695_3840.tif, 695_3841.tif, 696_3841.tif, 696_3842.tif, 697_3841.tif, 697_3842.tif, 696_3843.tif, 696_3844.tif, 696_3845.tif, 697_3843.tif, 697_3844.tif, 697_3845.tif, 698_3844.tif, 698_3845.tif, 696_3846.tif, 696_3847.tif, 697_3846.tif, 697_3847.tif, 698_3846.tif, 698_3847.tif, 696_3848.tif, 696_3849.tif, 697_3848.tif, 697_3849.tif, 698_3848.tif, 698_3849.tif, 698_3850.tif, 699_3850.tif, 699_3851.tif, 700_3850.tif, 700_3851.tif, 699_3847.tif, 699_3848.tif, 699_3849.tif, 700_3847.tif, 700_3848.tif, 700_3849.tif, 701_3847.tif, 701_3848.tif, 701_3849.tif, 702_3847.tif, 702_3848.tif, 702_3849.tif, 700_3846.tif, 701_3846.tif, 702_3846.tif, 703_3847.tif, 703_3848.tif, 702_3852.tif, 702_3853.tif, 703_3852.tif, 703_3853.tif, 704_3853.tif, 693_3837.tif, 693_3838.tif, 694_3838.tif, 694_3839.tif, 695_3839.tif, 690_3838.tif, 691_3838.tif, 692_3837.tif, 692_3838.tif, 690_3839.tif, 691_3839.tif, 701_3850.tif, 702_3850.tif, 706_3854.tif, 706_3855.tif, 707_3854.tif, 707_3855.tif, 708_3854.tif, 708_3855.tif, 707_3856.tif, 708_3856.tif

Système de coordonnées: Carthage / UTM zone 32N (epsg:22332)

Date de référence: 1939 (mosaïque de photographies aériennes)

Attributs:

FID: Identifiant unique de chaque polygone issu de la segmentation.

Class_name: vegetation (n.b. classe unique car les espèces ne sont pas distinguables par télédétection)

Créateur: Karin Allenbach (UNEP/GRID-Genève) karin.allenbach@unepgrid.ch

Status: Données non validées

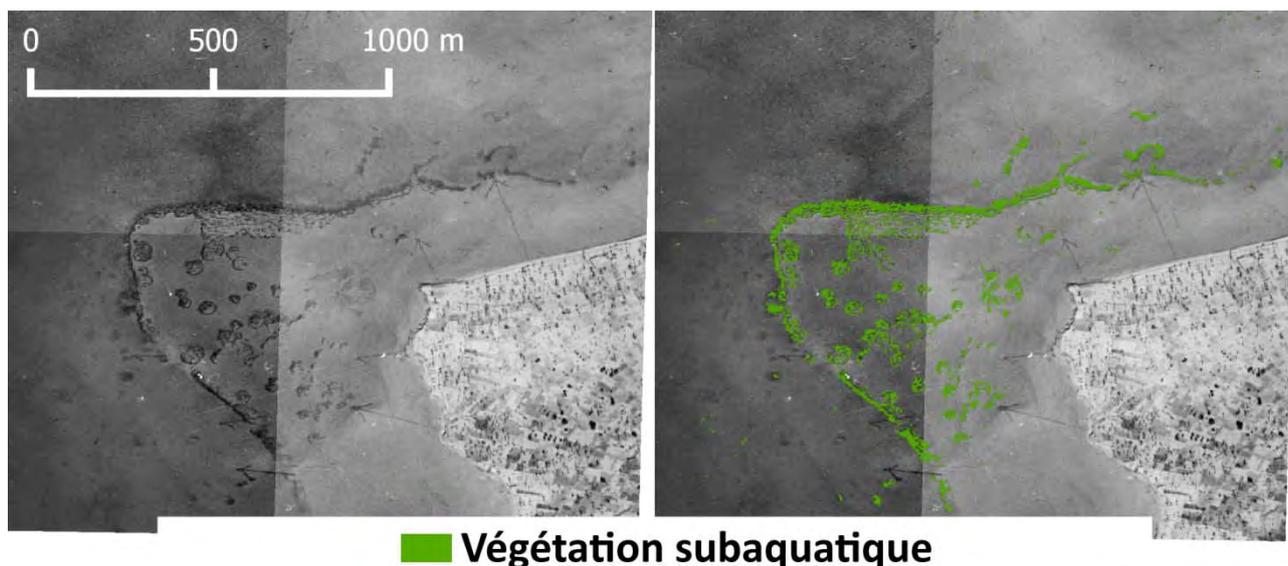


Figure 32 Exemple de classification de la végétation subaquatique par l'utilisation de l'imagerie aérienne datant de 1939 au large de Sidi Fredj

Végétation subaquatique 2013

Titre: Cartographie partielle de la végétation subaquatique (herbiers) de l'Archipel de Kerkennah au large de Sidi Fredj (2013)

Résumé: Cartographie partielle de la végétation subaquatique (herbiers) de l'Archipel de Kerkennah au large de Sidi Fredj à l'aide des fonctions de classification orientée objet (segmentation) du logiciel propriétaire eCognition sur une image WorldView 2 du 6 Décembre 2013.

Système de coordonnées: Carthage / UTM zone 32N (epsg:22332)

Date de référence: 6 Décembre 2013

Attributs:

FID: Identifiant unique de chaque polygone issu de la segmentation.

Class_name: vegetation (n.b. classe unique car les espèces ne sont pas distinguables par télédétection)

Créateur: Karin Allenbach (UNEP/GRID-Genève) karin.allenbach@unepgrid.ch

Status: Données non validées

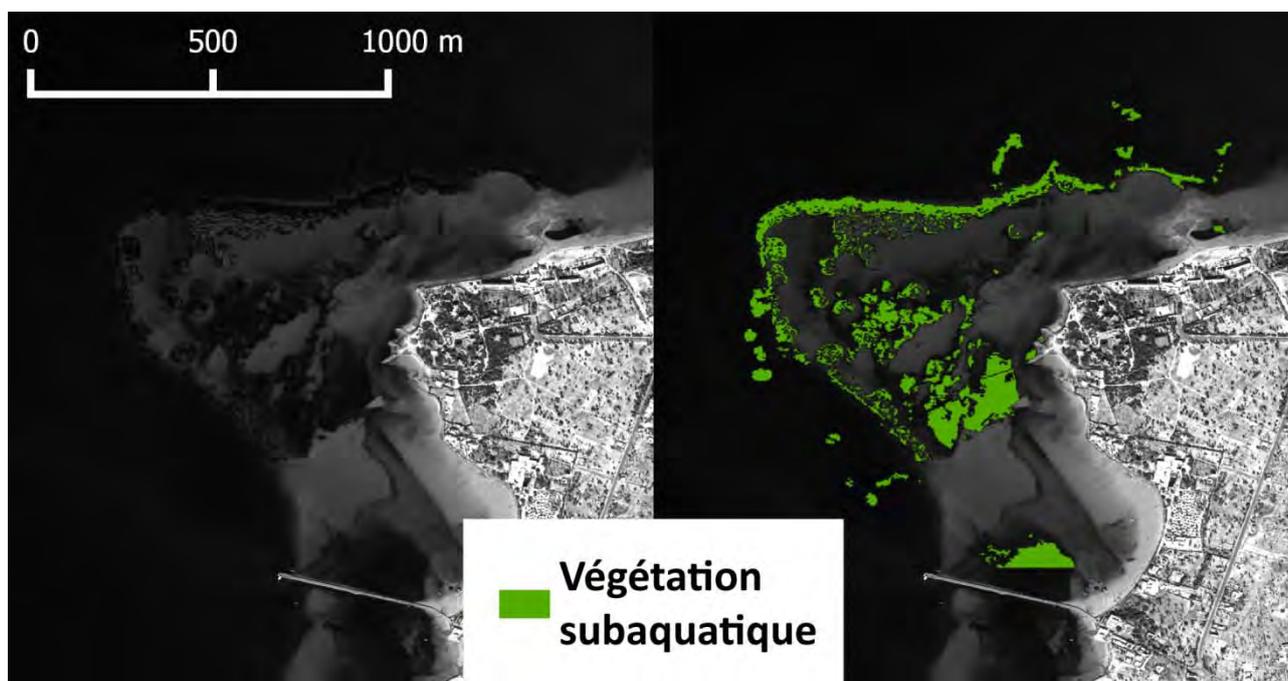


Figure 33 Exemple de classification de la végétation subaquatique à l'aide d'une image WorldView datant de 2013 au large de Sidi Fredj

Points de collecte des charfia 1939

Titre: Emplacement des "nasses" de pêche traditionnelle en 1939.

Résumé: Emplacement des "nasses" de pêche traditionnelle en 1939, digitalisées à l'aide des photos aériennes de 1939 préparées par l'IFREMER.

Système de coordonnées: Carthage / UTM zone 32N (epsg:22332)

Date de référence: 1939

Créateur: Bruno Chatenoux (UNEP/GRID-Genève) bruno.chatenoux@unepgrid.ch

Status: Données non validées

L'emplacement des nasses (points de collectes) des cherfias a été digitalisé sur la base de l'imagerie aérienne de 1939 fournie par l'IFREMER.

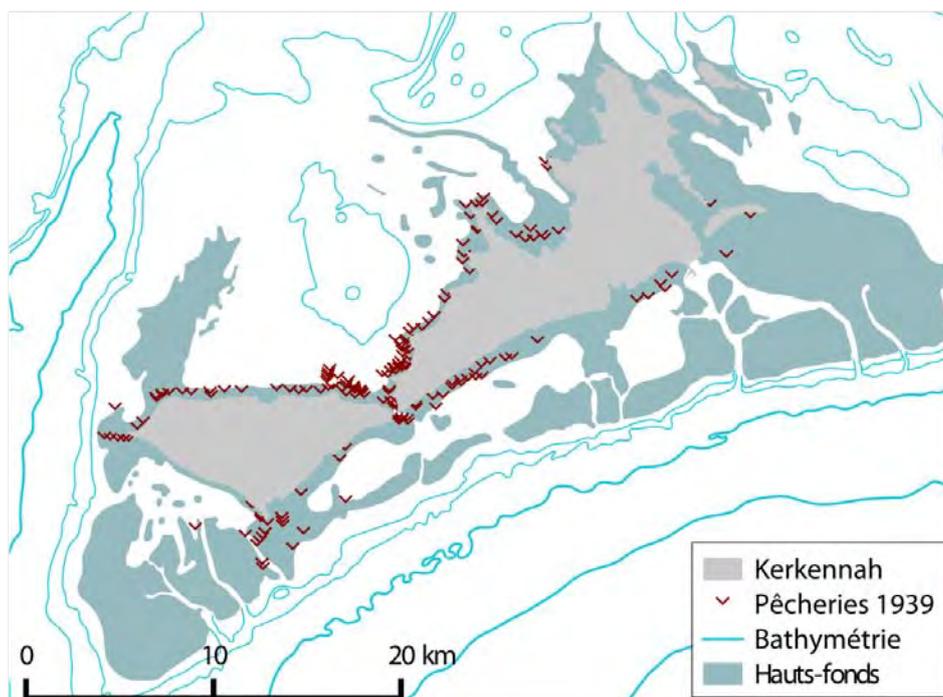


Figure 34 Emplacement des nasses des cherfias en 1939

Points de collecte des cherfia 2012-2014

Titre: Emplacement des "nasses" de pêche traditionnelle entre 2012 et 2014.

Résumé: Emplacement des "nasses" de pêche traditionnelle entre 2012 et 2014, digitalisées à l'aide des images satellites haute résolution:

04MAY14QB020700014MAY04092824, 04MAY14QB020700014MAY04092824,
19NOV13QB020700013NOV19092345, 19NOV13QB020700013NOV19092346,
06DEC13WV020700013DEC06101653, 06DEC13WV020700013DEC06101653,
06DEC13WV020700013DEC06101654, 06DEC13WV020700013DEC06101654,
14JUN12WV020700012JUN14101430, 14JUN12WV020700012JUN14101430,
14JUN12WV020700012JUN14101431, 14JUN12WV020700012JUN14101431

Les images ayant été prises à des dates différentes (2012-2014), certaines pêcheries ont été déplacées ou disparues et d'autres créées. Cette couche contient la totalité des nasses répertoriées durant cette période. La zone non couverte par les images disponibles ont été traitées à l'aide des images google map et bing map.

Système de coordonnées: Carthage / UTM zone 32N (epsg:22332)

Date de référence: 2012-2014

Créateur: Bruno Chatenoux (UNEP/GRID-Genève) bruno.chatenoux@unepgrid.ch

Status: Données non validées

L'emplacement des nasses (points de collectes) des cherfias a été digitalisé sur la base des images satellites haute résolution récentes collectées pour ce projet.

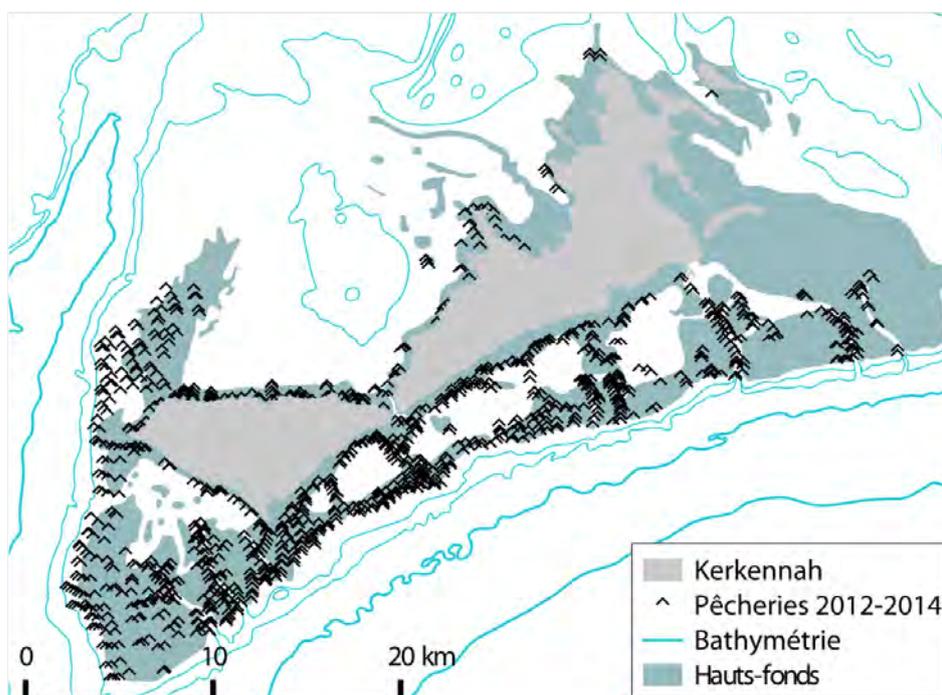


Figure 35 Emplacement des nasses des cherfias en 2012-2014

Accès aux données centralisées par le projet

Toutes les données mentionnées dans les annexes ci-dessus ont été centralisées dans une base de données géographique QGIS (<http://qgis.org/en/site/>) mise à disposition de l'APAL.

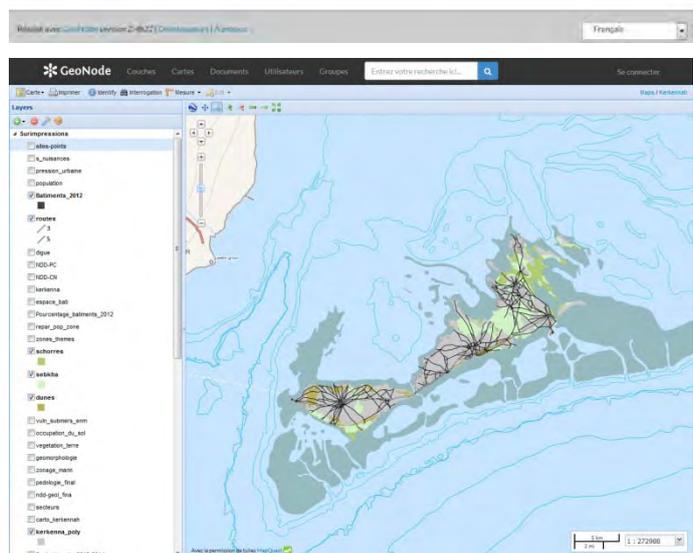
Une grande majorité de ces dernières (à l'exception des images satellites et aériennes) sont également visibles et accessibles sous condition via une application de cartographie web.

<http://kerkennah.grid.unep.ch/>



Via cette interface, l'utilisateur peut librement visualiser les couches disponibles dans un projet cartographique.

<http://kerkennah.grid.unep.ch/maps/59/view>



Il peut également chercher et visualiser chaque couche individuellement et y consulter ses métadonnées (si renseignées).

<http://kerkennah.grid.unep.ch/layers/>

