Les « Ramli », Jardins de culture du littoral nord-est tunisien : cartographie de l'évolution récente d'un système original d'irrigation

The "Ramlis", Gardens on the Northeast Tunisian Coast: cartography of the recent evolution of a unique irrigation system

Los ramli, huertos del litoral noreste tunecino: cartografía de la evolución actual de un original sistema de riego

Hamouda Samaâli et Ibtissem Tounsi-Guerin

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/mappemonde/751>

DOI : 10.4000/mappemonde.751

ISSN : 1769-7298

Éditeur

UMR ESPACE

Référence électronique

Hamouda Samaâli et Ibtissem Tounsi-Guerin, « Les « Ramli », Jardins de culture du littoral nord-est tunisien : cartographie de l'évolution récente d'un système original d'irrigation », *Mappemonde* [En ligne], 125 | 2019, mis en ligne le 01 janvier 2019, consulté le 20 juin 2019. URL : <http://journals.openedition.org/mappemonde/751> ; DOI : 10.4000/mappemonde.751

Ce document a été généré automatiquement le 20 juin 2019.

La revue *Mappemonde* est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

Les « Ramli », Jardins de culture du littoral nord-est tunisien : cartographie de l'évolution récente d'un système original d'irrigation

The “Ramlis”, Gardens on the Northeast Tunisian Coast: cartography of the recent evolution of a unique irrigation system

Los ramli, huertos del litoral noreste tunecino: cartografía de la evolución actual de un original sistema de riego

Hamouda Samaâli et Ibtissem Tounsi-Guerin

Introduction

- 1 Depuis le XVII^e siècle sous le règne d'Othman Bey, des Andalous, musulmans chassés d'Espagne par Philippe III, puis des Maltais se sont implantés dans le secteur de Ghar El Melh (région de Sidi Ali El Mekki). Ils y ont développé une technique unique au monde et d'un grand intérêt patrimonial, qui consiste à gagner des terres agricoles sur la mer et à irriguer les cultures, depuis leurs racines, par la montée de la nappe phréatique (Ramli), elle-même provoquée par les mouvements de la marée. Ce site est d'autant plus important qu'il est menacé par la montée du niveau marin (Oueslati et *al.*, 2015) et par l'urbanisation galopante depuis la construction de l'autoroute Tunis-Bizerte en 2010.
- 2 L'idée principale de cette étude est d'analyser et cartographier, sur un intervalle de presque 70 ans, la dynamique spatiale récente de la lagune de Sidi Ali El Mekki, et les changements dans la répartition et la morphologie des parcelles agricoles. Ces changements seront analysés sur un ensemble de cartes topographiques, de photographies aériennes et d'extraits d'images Google Earth ©, puis cartographiés et quantifiés dans une base de données géolocalisée (SIG). Ce travail bénéficie également des résultats d'une enquête directe auprès des agriculteurs.

Un paysage agraire fruit d'un cadre géographique et historique original

Géographie du site

- 3 La lagune de Sidi Ali El Mekki constitue la partie nord-est du complexe lagunaire de Ghar El Melh, qui s'étend sur une superficie de 30 km². De forme triangulaire, elle est bordée au nord par une étroite plaine côtière au pied des *jebels* Ennadhour et Eddmina, à l'ouest par l'ancienne flèche littorale stabilisée d'El Edhreâ, qui la sépare de la lagune principale, et à l'est ainsi qu'au sud par le lido de Chatt El Hay qui la sépare de la mer. La profondeur assez faible de la lagune a permis aux civilisations qui s'y sont succédées de gagner, par une forme de poldérisation, des îlots agricoles connus sous l'appellation de « Ramli » (figure 1).

Figure 1. Localisation et délimitation de la lagune de Sidi Ali El Mekki

Source : Mosaïque d'ortho-photos (2000) au 1/50 000 - Office de la topographie et de la cartographie

- 4 Le terroir agricole est composé par les parcelles gagnées sur la lagune au sud de la route qui mène jusqu'à la plage de Sidi Ali El Mekki, et par les terrasses de piémont du *jebel* Ennadour, au nord de la même route, dans les secteurs d'El Hmari et Ennjila. Il s'agit le plus souvent de cultures aménagées sur un sol perméable (le grès de Porto-Farina). Elles se distinguent de celles de Chatt El Hay ou des *Gtaïas* par « leur sol généralement plus grossier et moins sableux puisqu'il provient surtout du versant » (Oueslati *et al.*, 2015).

Histoire du développement agricole

- 5 L'occupation agricole du sol dans les environs de Ghar El Melh résulte d'une dynamique spatiale qui porte les empreintes des différentes époques, civilisations et collectivités (Juifs, Berbères, Musulmans, Andalous...). Ceci a abouti souvent à l'extension des terroirs cultivés entre les reliefs au nord et les lagunes au sud ainsi que le développement de nouvelles techniques de production agricole adaptées à la rigidité du milieu.
- 6 Dès l'époque romaine, le terroir de Ghar El Melh (*Rusconium*) comme celui de Tebourba (*Tuburbo Minus*) « avait connu un développement de l'agriculture sans égal » (Ginestous, 1955, in Samaâli, 2016). Cet auteur précise aussi que les environs de Porto-Farina (appellation ancienne de Ghar El Melh), ont été dominés par l'olivier, les vergers et parfois même les vignobles.
- 7 Contrairement à la période de l'invasion Hilalienne, où les crises se sont multipliées partout dans l'Ifriqiya tellienne, l'immigration morisque au début du XVII^e a contribué à l'émergence, pour la première fois, d'une organisation régionale (Despois, 1961) et à l'essor d'une agriculture irriguée intensive (*petite hydraulique*). Cette prospérité agricole est due au savoir-faire des Andalous, acquis dans des milieux très ingrats (*Regadíos* espagnols), et enrichi par l'incorporation des techniques turques et maltaises au XIX^e siècle (Cherif, 1993). Ces facteurs ont contribué à l'extension des parcelles agricoles, aux dépens de la lagune de Ghar El Melh et de son annexe, la lagune de Sidi Ali El Mekki), ainsi que sur les bancs de sable d'El Edhreâ et d'El Gtaïas.
- 8 Les descriptions paysagères recueillies dans les textes écrits par les voyageurs, essentiellement au XIX^e siècle, établissent que les immigrés andalous, ou même maltais, ont développé une agriculture de jardinage. En effet, les villages andalous ont été entourés ou bordés par « des jardins irrigués avec l'eau puisée dans les nappes du sous-sol » (Pellissier, 1853, Guérin, 1862). Ces auteurs ont aussi décrit le secteur de Ghar El Melh, qui était pour eux un territoire typique et bien planté, « une végétation fraîche et riche, s'étend de la montagne aux rives mêmes du lac ». L'ancienne carte topographique de Porto-Farina au 1/50 000, datant de 1891 (**figure 2**), montre des zones cultivées, parfois assez ponctuelles entre les reliefs et les lagunes, à Chatt El Hay ou même sur les Gtaïas.

Figure 2. Historique de l'occupation agricole du sol dans le secteur de Porto-Farina

Source : carte topographique au 1/50 000 de 1891

- 9 François Bonniard (1934) décrit les terrasses façonnées sur le piémont, réservées à l'arboriculture, aux céréales et aux légumineuses. Il précise que ce terroir « comptait plus de 10 000 amandiers et 8 000 caroubiers, outre le figuier, l'olivier et la vigne (plus tard Jean Despois dans *La Tunisie, ses régions*, 1961, considèrera même que : « dans certains secteurs les arbres étaient trop serrés »). Quant aux cultures maraîchères (tomates, primeurs et pomme de terre), elles occupaient les bordures de la lagune et étaient « expédiées par charrette à Tunis ». Bonniard évoque aussi la richesse culturelle et professionnelle des paysans andalous, qui possédaient un savoir-faire leur permettant de développer notamment la culture du pavot à opium et des fleurs, favorisant ainsi l'apiculture (Cherif, 1993).

Originalité des cultures de la lagune de Sidi Ali El Mekki : La technique *Ramli*

- 10 Les îlots gagnés sur l'écosystème lagunaire obéissent en général à la technique *Ramli* (le nom désigne la population de Ghar El Melh : les *Ghramelhi*, abrégé en *Ramli*). Il s'agit d'une adaptation aux conditions du milieu dont l'objectif est de faire irriguer les cultures naturellement par le bas, grâce au mouvement de percolation d'une petite nappe d'eau douce en rapport avec la marée. Les terroirs concernés par cette technique sont ceux « les plus proches du rivage de la lagune » (Oueslati et al., 2015), soit les parcelles agricoles qui occupent le lido de la plage de Sidi Ali El Mekki jusqu'au nord de l'ancien Boughaz (passe de la lagune de Ghar El Melh), le secteur d'El Edhreâ, les berges nord de la lagune de Sidi Ali El Mekki, précisément les parcelles agricoles qui se trouvent au sud de la route qui mène à la plage de Sidi Ali El Mekki et enfin les *Gtaïas*.
- 11 Les îlots gagnés sur la lagune ont souvent une forme rectangulaire orientée perpendiculairement à la ligne de rivage. Ils sont colmatés par du sable, prélevé dans la plupart des cas dans le lido. La hauteur du sable déposé est bien définie (figures 3a et 3b) afin que les racines puissent profiter « des mouvements d'une mince nappe phréatique d'eau douce qui se forme dans le sol artificiel » (figure 4). L'irrigation se fait

naturellement grâce à un balancement vertical de la nappe d'eau douce en rapport avec la montée du niveau du lac appelée localement *Al Malya*, la marée (Oueslati et al, 2015).

Figures 3a et 3b. Parcelle à marée basse et parcelle à marée haute

Sur la figure 3b on voit la limite de l'humidité (marée haute), qui touche la partie inférieure du sable déposé, indiquée par un trait continu.

Photos Samaâli et Tounsi-Guérin, 2017

- 12 Les parcelles ont été matérialisées par des piquets métalliques et des ficelles, ou par la plantation de roseaux. Les sols nécessaires sont transportés du piémont de *jebel Ennadhur* (sols riches en matière organique). D'autres îlots sont remblayés de sable, rapporté du lido de *Chatt El Hay*. Chaque îlot est entouré par une haie « d'oliviers de bohème ou zensfour (*Elaeagnus angustifolia*) » (Cherif, 1993). À l'intérieur de chaque îlot, des limites secondaires sont souvent constituées par une palissade de roseaux (**figure 3a**), matérialisent la séparation des cultures et jouent, de plus, le rôle de brise-vent.

Figure 4. Transect à travers l'ancienne flèche d'El Edhreâ, El Gtaïas, la lagune de Sidi Ali El Mekki et le cordon littoral actuel

Source : Oueslati, 1993, document redessiné

Approche méthodologique

Conception d'un SIG pour le suivi de la dynamique de l'occupation du sol

- 13 L'étude de l'extension spatiale des espaces agricoles repose notamment sur l'intégration des techniques cartographiques et des données spatiales dans des systèmes d'information géographique (SIG). L'approche méthodologique adoptée dans ce travail est fortement inspirée des travaux de M. Franchomme (2003), Tounsi et al. (2003), H. ET O. Décamps (2004) et A.-C. Delavaud (2007) et, qui visent à étudier la dynamique des mosaïques paysagères, en s'appuyant sur des indicateurs de changement. La valeur opérationnelle réside dans la conception et la structuration d'une base de données cartographique grâce aux logiciels dédiés aux SIG (ArcGis, QGis). La valeur méthodologique dépend de l'utilisation d'une variété assez large de documents cartographiques afin de tester leurs potentialités et leurs apports à l'étude.
- 14 Le SIG conçu pour la lagune de Sidi Ali El Mekki est alimenté par des photographies aériennes multi-dates (1948, 1962 et 1974), par des cartes topographiques à différentes échelles et par des extraits d'images Google Earth (2010 et 2016) à très haute résolution spatiale (**tableau 1**).

Tableau 1. Liste des documents utilisés

Cartes topographiques	Photographies aériennes	Imagerie
La carte topographique de Porto Farina au 1/50 000 (1891)	Les photos aériennes du Dj. Ichkeul-Porto Farina au 1/25 000 (1948)	Extraits d'images Google Earth © (JPEG) (3 octobre 2010) 2,5 m* 2,5m
La carte topographique de Ghar El Melh au 1/25 000 (1982)	Les photos aériennes de Ghar El Melh au 1/12 500 – A44 VII (1962)	Extraits d'images Google Earth © (JPEG) (4 octobre 2016) 2,5 m* 2,5m
	Les photos aériennes de Ghar El Melh au 1/25 000 – TU 359-UAG 412 (1974)	

- 15 Les traitements effectués (calage spatial, mosaïquage...) ont pour objectif d'harmoniser les documents existants. Le système de projection cartographique utilisé est l'UTM (*Universal Transvers Mercator*), zone 32 nord. Les données vectorielles extraites de ces documents ont été stockées et structurées sous forme de couches et de tables sous le logiciel *ArcGis 10.3*.

Création d'une grille et calcul des indices de structure spatiale des îlots

- 16 La création d'une grille en format vecteur sous QGIS permet un maillage des changements paysagers (Jaziri, 2017) avec une maille d'un hectare qui répond à l'échelle d'observation souhaitée pour comparer et localiser spatialement les changements de l'occupation du sol (agricole, sableux, etc.) entre deux dates (**figure 5**). Les indices permettant de caractériser ces changements paysagers concernent l'évolution du nombre de mailles, l'indice de diversité des aires de ces mailles et leur indice de forme. Pour plus de précision, le calcul de l'évolution des métriques paysagères et des indicateurs de diversité et de forme ont été déduits à partir des entités spatiales proprement dites et non pas à partir de leur généralisation par carroyage.

Figure 5. Modèle utilisé pour qualifier les changements de chaque maille sur les cartes d'évolution de l'occupation du sol

Source : Samaâli et Tounsi-Guérin

- 17 **Le nombre de taches** : indicateur qui renseigne sur l'accroissement d'une entité spatiale entre deux périodes. Dans notre cas, l'accroissement du nombre d'îlots agricoles peut être dû soit à la fragmentation de cette classe thématique, soit à l'apparition de nouvelles parcelles (Davidson, 1998).

Cet indice est calculé selon la formule suivante (Inoussa *et al.*, 2012) :

$$a_{tj} = \sum_{i=1}^{n_j} a_{ij}$$

n_j : nombre de mailles de la classe j

a_{tj} : aire totale de la tache j exprimée en hectares

a_{ij} : aire de la i -ème tache de la classe

l_n : logarithme népérien

- 18 **Diversité des aires des taches** : indice qui renseigne sur la diversité des taches au niveau de la classe thématique (type d'occupation du sol). Il se calcule suivant la formule de l'indice de Shannon ci-dessous (Bogaret et Mahmane, 2005, Inoussa *et al.*, 2012) :

$$H_j(a) = \sum_{i=1}^{n_j} - \left(\frac{a_{ij}}{a_{tj}} \ln \frac{a_{ij}}{a_{tj}} \right)$$

$H_j(a)$ = diversité des taches de la classe j

- 19 **Indice de forme** : Il est déterminé par le rapport du périmètre sur l'aire. Il s'agit d'un indice très varié : « la forme est un élément très difficile à quantifier. Il peut être lié à des degrés d'artificialisation » (Ducrot, 2005). Généralement les terres agricoles sont très polygonales, mais les éléments naturels ont souvent un contour très détaillé. Par conséquent, plus les entités spatiales (taches) présentent des formes allongées, voire irrégulières, plus l'indice est élevé. L'indice décroît au fur et à mesure que les formes deviennent circulaires (Bogaert *et al.*, 2000, Inoussa *et al.*, 2012). Il est calculé selon la formule suivante :

$$IF_j = \frac{p_{tj}^2}{a_{tj}}$$

IF_j : indice de forme de la classe « j ».

P_{tj} : périmètre total de la classe « j ».

- 20 Quant aux résultats de l'enquête directe menée en novembre et en décembre 2016 ainsi qu'en septembre 2017 auprès de 67 agriculteurs dans les différents secteurs agricoles de la lagune de Sidi Ali El Mekki, ils apportent des éléments de réponse dans l'analyse des changements paysagers en fonction des dates retenues pour l'étude (**tableau 1**) et témoignent de la fragilité de l'écosystème lagunaire et de son avenir.

Résultats cartographiques

- 21 La dynamique récente du littoral de Ghar El Melh est le résultat de la conjoncture de plusieurs facteurs naturels et anthropiques. En effet, avec le changement de l'embouchure de l'oued Mejerda en 1935, « l'effet de chasse » provoqué par les apports des crues de ce cours d'eau a cessé ce qui entraîne l'appauvrissement des eaux de la lagune en nutriments (Cherif, 1993). La conséquence directe a été le déclin de la pêche lagunaire, même si elle ne constitue pas un moyen de revenu principal, et l'intensification de « l'agriculture lagunaire ». De plus, les aménagements portuaires des années 1970 ont

favorisé l'extension des parcelles agricoles notamment sur l'estran de Chatt El Hay. C'est ce que montre la succession chronologique surtout des cartes et des extraits d'images Google Earth ainsi que des calculs d'indices de structures spatiales des parcelles qu'elles ont permis.

Les photographies aériennes de 1948, 1962 et de 1974

- 22 La première mission aérienne utilisée remonte à l'année 1948. Les photos concernent les secteurs de Djebel Ichkeul-Porto Farina au 1/25000 (**tableau 1**). La mission de 1962 (A 44/VII) est au 1/12500. Les effets de parallaxe et les distorsions éventuelles ont été corrigés. Les photos relatives à la mission n° 359 de 1974 (1/25000) présentent une meilleure qualité visuelle que les précédentes. En plus de la taille des photos qui est révisée (23 cm* 23cm), les inscriptions marginales présentent des indications sur le niveau sphérique et la distance focale.
- 23 Les photos sont converties en projection UTM sous SIG. Elles sont rendues superposables à l'image correspondante (la carte topographique de Ghar El Melh au 1/25000). Le calage est basé sur l'utilisation d'un modèle polynomial d'ordre 2 et qui aboutit à des RMS¹ qui ne dépassent pas 2,5 m sur le terrain). Les photos ont par la suite été orthorectifiées grâce à un MNT de 10 m de résolution (issu de la base de données du centre national de cartographie et de télédétection de Tunis). L'interprétation visuelle des photos nous a permis de délimiter et de vectoriser sous ArcGis les Zones d'Égale Apparence (Z.E.A) et d'affecter une classe de couverture pour chacune.
- 24 Les premiers résultats cartographiques constituent une image similaire aux informations qui figurent en noir et blanc sur les photos aériennes et apportent des éléments de réponse sur l'état d'occupation du sol et sur la dynamique des parcelles agricoles (**figure 6**).
- 25 L'interprétation visuelle de la **figure 6** ainsi que l'examen et la qualification des changements de l'occupation des mailles de la **figure 7** nous ont permis de déduire que les berges nord de la lagune de Sidi Ali El Mekki abritent l'essentiel des exploitations aménagées entre 1948 et 1962. De même, elles enregistrent un taux d'accroissement des superficies le plus significatif dans cette même période pour la totalité de la lagune (**figure 8**), soit 49,6 %.
- 26 Quant au milieu proprement lagunaire, l'examen visuel de la carte de 1981 et la photo aérienne de 1948 montrent que le nombre des Gtaïas a évolué d'une façon remarquable (cela peut être dû aussi à un regroupement des taches, généré par l'échelle de la carte, qui reste inexploitable pour une étude détaillée sous SIG).
- 27 Pour la période 1962-1974 (**figure 9**), la superficie des îlots agricoles n'a pas beaucoup changé, cela correspond à la période de politique socialiste menée en Tunisie entre 1963 et 1969, durant laquelle les biens agricoles ont été redistribués.
- 28 On observe une régression de la surface agricole essentiellement sur l'estran de Chatt El Hay (**figures 7, 8**). La superficie occupée par l'agriculture est tombée de 7,4 ha en 1948 à 3,2 ha en 1974, soit une baisse de 56,7 % qui s'explique par l'érosion et par le recul du lido lié à une dérive forte de direction nord-est/sud-ouest qui refaçonne une côte meuble très fragile (notamment pour la période 1948-1962). L'équilibre sédimentaire entre la lagune de Sidi Ali El Mekki et la mer dépend aussi des apports sédimentaires des cours d'eau avoisinants et des relations d'interéchanges entre les différents éléments du complexe

lagunaire de Ghar El Melh. Par conséquent, il s'agit bien d'une évolution structurelle visible déjà sur les photos d'origines (1948 et 1962) qui ont la même échelle (1/12 500). L'hypothèse d'une variation sous l'effet des marées est à éliminer vu que les valeurs entre marée haute et marée basse sont très négligeables pour ce secteur ne dépassant pas 19 mm entre 1936 et 2001 (Boujara et Ayache, 2017).

- 29 Les modifications au niveau des haies pour la période 1948-1962 sont enregistrées sur les mailles d'El Edhreâ (qui présentent un réseau serré de haies fortement connectées), sur les berges nord de la lagune et sur les Gtaïas (**figure 7**). Quant à la période 1962-1974, les modifications au niveau du réseau bocager sont enregistrées sur les secteurs cités précédemment, mais avec un rythme de changement très faible pour El Edhreâ par rapport à la première période (**figure 9**).

Figure 6. Évolution de l'occupation du sol sur les bordures de la lagune de Sidi Ali El Mekki entre 1948 et 1962

Source : Photos aériennes de 1948 et 1962, carte conçue par Samaâli et Tounsi-Guérin

Figure 7. Qualification des changements entre 1948 et 1962 à partir des mailles appliquées à la lagune de Sidi Ali El Mekki (méthode Qgis)

Source : Samaâli et Tounsi-Guérin

Figure 8. Évolution de la superficie agricole de la lagune de Sidi Ali El Mekki par secteur entre 1948 et 1964

Source : Samaâli et Tounsi-Guérin

Figure 9. Occupation du sol en 1974 et qualification des changements entre 1962 et 1974 à partir des mailles appliquées à la lagune de Sidi Ali El Mekki (méthode Qgis)

Source : Samaâli et Tounsi-Guérin

- 30 Les indices de structure spatiale des îlots agricoles de la lagune de Sidi Ali El Mekki (indices de paysage) sont calculés à l'aide de l'outil « calculer la géométrie » dans le menu des tables attributaires (ArcGis). Les résultats statistiques obtenus ont permis de consolider ceux cartographiques et de détecter des changements de la structure spatiale du paysage étudié entre les trois dates. Le nombre d'îlots agricoles a connu un accroissement de 23,5 % entre 1948 et 1962 et de 13,7 % entre 1962 et 1974 (**tableau 2**). Ceci indique soit la fragmentation des îlots initiaux, soit la naissance de nouveaux polders. De même on constate que, pour l'occupation agricole du sol, l'indice de Shannon augmente respectivement pour les mêmes dates de 2,32 à 3,15, puis à 3,46. Cela confirme la tendance d'égalité : beaucoup de nouvelles parcelles aménagées au milieu et sur les bordures de la lagune ont remplacé celles perdues notamment à Chatt El Hay entre 1962 et 1974. Enfin, l'indice de forme que nous avons obtenu confirme la complexité et la diversité des formes des îlots agricoles au sein de la lagune.

Tableau 2. Indices de structures spatiales des îlots agricoles entre 1948 et 1974

	n_j			a_{tj} (ha)			H_j			If_j		
	1948	1962	1974	1948	1962	1974	1948	1962	1974	1948	1962	1974
îlots agricoles	365	451	513	63,1	68	69,6	5,2	5,78	5,92	2,32	3,15	3,46

n_j = nombre de taches de la classe j (îlots agricoles) ; a_{tj} = aire totale de la tache j en hectares ; H_j = Indice de Shannon de la tache j ; If_j = Indice de forme de la tache j

La carte topographique de 1982 et les extraits d'images satellites de Google Earth de 2010 et 2016

- 31 Le 1/25 000 est en Tunisie la plus grande échelle disponible pour les cartes. En outre, les mesures géodésiques, le nivellement et les techniques de conception se sont beaucoup améliorés par rapport aux cartes au 1/50.000. La figure 10 (1982) présente les données issues de la **feuille topographique de Ghar El Melh au 1/25.000** (Office de la Topographie et de la Cartographie).
- 32 Le passage de microparcelles très éclatées à des formes regroupées et plus étendues est essentiellement dû au processus de généralisation cartographique qui engendre un regroupement des taches et des classes thématiques lors du passage d'une photographie aérienne à une carte topographique (**figure 10**). Il est important de signaler que, malgré la diminution sur la carte du nombre des parcelles agricoles et du réseau bocager, les calculs réalisés à partir des couches vectorielles de 1982 ont permis de montrer un léger accroissement de l'indice relatif à l'aire totale des parcelles agricoles « at_j » qui atteint 77,1 hectares par rapport à 1974. Le calcul des indices « n_j », « H_j » et « If_j » donne des valeurs inférieures à celles des dates précédentes. Les résultats sont ainsi influencés par la diminution du nombre des parcelles agricoles due à des groupements d'ordre thématique à l'échelle du 1/25 000.

Figure 10. État de l'occupation du sol de la lagune de Sidi Ali El Mekki en 1982

Source : OTC, carte conçue par Samaïli et Tounsi-Guérin à partir de la Carte topographique au 1/25 000 de 1982

- 33 L'aménagement par l'État d'un nouveau port depuis 1974 a permis de créer des conditions favorables de dépôt au nord-est de cet édifice ce qui a contribué à l'élargissement de l'estran et à l'apparition de nouvelles parcelles *Ramli* (figure 11). Les *fellahs* qui ont déjà des exploitations sur le lido ont vite saisi l'occasion pour « déplacer les limites de leurs parcelles en direction de la mer » (Oueslati et al. 2015). Quelques nouvelles parcelles agricoles sont apparues également sur l'extrémité nord-est des berges nord de la lagune de Sidi Ali El Mekki, au sein de la lagune (El Gtaïas) et à l'Est du port (figure 11).
- 34 Du côté sud-est, la création du nouveau port a engendré des modifications géomorphologiques lourdes. Une érosion intense ravage les parcelles agricoles et détruit les quelques constructions qui existaient déjà : « les *fellahs* ont perdu la quasi-totalité de leurs parcelles » (Cherif, 1993).

Figure 11. Qualification des changements entre 1974 et 1982 à partir des mailles appliquées à la lagune de Sidi Ali El Mekki (méthode Qgis)

Source : Samaïli et Tounsi-Guérin

- 35 La rareté des données (cartes, photos...) à grande échelle pour les années 1990 et 2000 et le coût élevé des scènes à très haute résolution spatiale (THRS) nous ont conduits à exploiter la plate-forme Google Earth© pour l'utilisation des images qu'elle propose à la visualisation. Afin d'obtenir des extraits calés spatialement (UTM-zone 32 N), fiables et mosaïqués, on a eu recours à l'utilisation du logiciel « Stitch Maps ». Les fenêtres extraites datent du 3 octobre 2010 pour la première image et du 4 octobre 2016 pour la deuxième image et sont numérisées sous ArcGis 10.
- 36 L'interprétation visuelle de la **figure 12** ainsi que l'examen des changements de l'occupation des mailles de la **figure 13** montrent que les environs du nouveau port et le lido de la lagune de Sidi Ali El Mekki abritent l'essentiel des exploitations agricoles aménagées entre 2010 et 2016. La construction des jetées a participé à l'élargissement du lido par l'effet de chasse (**figure 12**) et favorise encore l'extension de la surface agricole depuis les années 2000. Quant aux îlots agricoles qui se situent dans les environs du port de pêche et au sud et à l'est du laboratoire d'aquaculture (milieu lagunaire), ils ont été aménagés après la révolution du 14 janvier 2011 au moment où le pouvoir local de l'État s'était affaibli.

Figure 12. Évolution de l'occupation du sol sur les bordures de la lagune de Sidi Ali El Mekki entre 2010 et 2016

Extraits d'images Google Earth, carte conçue par Samaâli et Tounsi-Guérin

Figure 13. Qualification des changements entre 2010 et 2016 à partir des mailles appliquées à la lagune de Sidi Ali El Mekki (méthode Qgis)

Source : Samaïli et Tounsi-Guérin

- 37 Durant cette période quelques parcelles de culture *Ramli* apparaissent également dans le secteur d'El Gtaïas. D'autres apparaissent sur les bordures nord de la lagune au niveau d'El Hmari et d'Ennjila. Au sud du nouveau Boughaz (**figure 13**), quelques îlots agricoles ont été aménagés depuis 2010 malgré les effets de la dérive littorale pour ce secteur. L'extension des parcelles agricoles est accompagnée par des modifications au niveau du réseau bocager. Ces changements sont observés sur le côté est du lido dans la zone proche du port qui a connu un ensablement, au niveau d'El Gtaïas, sur le secteur d'El Edhra et sur les bordures nord de la lagune (**figure 13**).
- 38 Par rapport à 1982, les résultats statistiques obtenus pour 2010 et 2016 indiquent un accroissement de l'aire totale des parcelles agricoles « *atj* » qui atteint 102 hectares en 2010 et 113 hectares en 2016. L'indice « *nj* » relatif au nombre de parcelles agricoles a aussi enregistré un accroissement de l'ordre de 26,6 % (923 parcelles) pour 2010 et de 21,8 % (1125 parcelles) pour 2016. L'indice de Shannon « *Hj* » relatif à la diversité des aires des taches a atteint 5,98 en 2010 et 6,07 en 2016. Enfin, l'indice de forme « *Ifj* » est passé de 3,6 en 2010 à 3,77 en 2016.
- 39 Tous ces résultats confirment bien l'extension de la surface agricole et l'apparition de nouvelles formes géométriques notamment sur le lido.

Étude diachronique de l'extension des parcelles agricoles

- 40 Entre 1948 et 1982, les jardins de culture (**figure 14**) occupent les berges nord de la lagune de Sidi Ali El Mekki

Figure 14. Évolution des cultures irriguées à la lagune de Sidi Ali El Mekki et Morphologie de Chatt El Hay entre 1948 et 2016

Photos aériennes de 1948, carte topographique au 1/25 000 de 1982-OTC et extrait d'image Google Earth 2016

- 41 L'aire totale des parcelles agricoles atteint 20,1 hectares (**tableau 3**) en 1982, soit 28,35 % de la surface agricole totale de lagune et enregistre un taux d'accroissement de l'ordre de 55,8 par rapport à 1948. Dans les autres secteurs, l'accroissement des îlots agricoles se fait à un rythme très faible. Le bilan est parfois négatif, comme dans le cas de Chatt el Hay pour la période de 1948 à 1974 (**figure 14** et **tableau 3**).

Tableau 3. Évolution des superficies (en ha) des jardins de culture *Ramli*

Dates	1948	1962	1974	1982	2010	2016
Secteurs	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)
Berge nord de la lagune	12,9	19,3	19,9	20,1	21,5	23,9
El Edhrâ	22,7	24,1	23,1	23,3	25	28,1
El Gtaïas	20.1	19.8	23.4	24	26.4	30.2
Chatt El Hay	7.4	4.8	3.2	9.7	29.1	30.8
Total	63,1	68	69,6	77,1	102	113

42 De 1982 à 2016 : L'extension des îlots agricoles sur le lido

Contrairement à la première période, la majorité des parcelles agricoles a été aménagée sur la flèche sableuse (Chatt El Hay) qui sépare la lagune de la mer. L'aire totale des jardins agricoles atteint 30,8 hectares en 2016, soit 27,25 % de la surface agricole totale de lagune et enregistre un taux d'accroissement de l'ordre de 217,5 % par rapport à 1982. Il s'agit d'un espace qui a subi une évolution, notamment un élargissement par ensablement, depuis la création du port de pêche (**figure 14**).

Quel avenir pour la lagune de Sidi Ali El Mekki ?

- 43 La lagune de Sidi Ali El Mekki connaît depuis quelques années de multiples problèmes d'ordre naturel et anthropique qui ont fragilisé son écosystème.
- 44 En effet, les différentes études conduites par les décideurs de l'État ont constaté la mauvaise qualité de l'eau d'origine anthropique (Moussa, 2004 *in* Oueslati *et al.*, 2015), et ont prescrit, pour améliorer le fonctionnement hydrodynamique de la lagune, l'ouverture d'une deuxième passe.
- 45 Certains chercheurs (Oueslati *et al.*, 2015) contestent cette solution : l'amélioration des conditions écologiques ne vaut qu'à moyen terme et cet échange avec la mer va davantage fragiliser le lido et accentuer le risque de maritimisation.
- 46 Les 67 Fellahs interrogés proposent aussi un diagnostic des problèmes engendrés par la création du nouveau port en 1974 : près des 2/3 de ces agriculteurs pensent que l'échange entre la lagune de Sidi Ali El Mekki et la mer était meilleur avant la création de celui-ci. Il faut rappeler ici que c'est avec « Al Malia » que le processus naturel d'irrigation se déclenche. Ces mêmes agriculteurs accusent ceux qui ont aménagé des îlots en arrière-pays du port (**figure 12 et 13**) après la révolution du 14 janvier 2011, ce qui a nui à l'efficacité de la petite buse qui connecte la lagune à la mer en passant sous la route du port.
- 47 L'avenir agricole de la lagune se trouve aujourd'hui menacé par :
- La baisse du niveau de la nappe phréatique, empêchant le fonctionnement naturel de l'irrigation.
 - La surexploitation des autres espaces agricoles de la lagune (le lido de Chatt el Hay) suite à l'accroissement de la demande en produits agricoles liée au doublement de la population de Ghar El Melh entre 2004 et 2014 (**figure 15**).

Figure 15. Accroissement de la population communale de Ghar El Melh entre 1975 et 2014

Source : INS, 2018

- Le vieillissement de la population qui pratiquait la technique *Ramli* (Oueslati et al., 2015). Dans notre enquête, 54 personnes ont plus de 40 ans alors que 6 seulement ont moins de 20 ans. Cette proportion est néanmoins rassurante dans la mesure où elle témoigne d'une certaine transmission de la technique *Ramli* (Oueslati et al., 2015).
- Une concurrence pour l'occupation du sol : le rendement agricole des îlots aménagés rend d'autant plus attractives les opportunités foncières, d'autant que celles-ci sont favorisées par davantage de laxisme dans l'application des lois surtout depuis la révolution. Près de 1/6 des interrogés dit vouloir changer la vocation de leur bien ou vendre à des investisseurs, le plus souvent originaires du Sahel tunisien (figure 12 ; photos 1- 4).

Figure 16. Des constructions envahissent le lido de Chatt El Hay

On y trouve parfois des immeubles de quelques étages qui occupent l'emplacement des parcelles agricoles et sont destinées à accueillir les estivants.

Photos Samaâli et Tounsi-Guérin, 2017

Conclusion

- 48 La cartographie de la dynamique récente de la lagune de Sidi Ali El Mekki (sur près de 70 ans) nous a permis de mettre en évidence les mutations spatiales profondes. Par rapport au reste du complexe lagunaire, le site étudié paraît le plus vulnérable, le plus exploité et le plus touché par la pression anthropique.
- 49 L'approche méthodologique utilisée dans ce travail (basée sur l'utilisation des données cartographiques et des indices statistiques) nous a permis de qualifier et quantifier les changements de l'état de recouvrement du sol au niveau des mailles choisies. En effet, la superficie des exploitations agricoles a enregistré un taux d'accroissement de l'ordre de 79 % entre 1948 et 2016. Quant aux indices utilisés, ils marquent bien une corrélation avec l'extension de la superficie agricole, et ont enregistré un accroissement de l'ordre de 208 % pour « *nj* », de 16 % pour « *Hj* » et de 64 % pour « *IFj* » entre 1948 et 2016. L'extension des parcelles agricoles se fait dans un premier temps sur les bordures nord de la lagune de Sidi Ali El Mekki (El Hmari et Ennjila) et dans le secteur d'El Gtaïas, mais à partir des années 1980 les transformations sédimentaires du lido ont permis d'élargir et accueillir l'essentiel des exploitations agricoles.
- 50 Ce patrimoine agricole, unique au monde, se trouve aujourd'hui confronté à de sérieux problèmes. C'est un espace saturé, et souvent à faible rendement agricole, menacé par l'anthropisation. L'abandon progressif de l'exploitation de certaines parcelles a favorisé l'extension du bâti. L'avenir de ce secteur dépendra des conditions naturelles, de l'évolution de cette zone face aux aléas climatiques, morphologiques et humains, mais aussi des actions de sensibilisation de la population locale et de la volonté politique de préserver ce patrimoine. Nous avons proposé d'utiliser une nouvelle technique d'acquisition (drône, Lidar) pour conduire les prochains travaux, mais celle-ci se heurte à la réticence du pouvoir pour des raisons de sécurité nationale.

- 51 BOGAERT J., MAHAMANE A. (2005). « Écologie du paysage, cibler la configuration et l'échelle spatiale ». *Annales des Sciences agronomiques du Bénin*, vol. 7, n° 1, p. 39-68. doi.org/10.4314/asab.v7i1.43277

BIBLIOGRAPHIE

- BOUJARRA A., AYACHE F. (2017). *Le complexe lagunaire de Ghar El Melh : les métamorphoses d'un géosystème côtier*. Faculté des Lettres et des Sciences humaines de Sousse. Latrach éditions. 211 p.
- BOGAERT J., ROUSSEAU R., VAN HECKE P., IMPENS I. (2000). "Alternative area-perimeter ratios for measurement of 2D shape compactness of habitats". *Applied Mathematics and Computation*, vol. 111, n° 1, p. 71-85. doi.org/10.1016/S0096-3003(99)00075-2
- BONNIARD F. (1934). *La Tunisie du Nord : le Tell septentrional. Étude de géographie régionale*. Paris : Éditions Paul Geuthner, 533 p.
- CHERIF A. (1993). « Le système pêche-agriculture : permanences et ruptures. L'exemple de Ghar El Melh ». *Cahiers du CERES*, n° 9, p. 35-60.
- COLLIN DELAUAUD A. (2007). « L'apport des images satellitaires dans l'étude des dynamiques de l'occupation du sol des villes d'Amérique latine ». *Cybergéo*. En ligne : <https://journals.openedition.org/cybergeog/722>
- DAVIDSON C. (1998). "Issues in measuring landscape fragmentation". *Wildlife Society Bulletin*, vol. 26, n° 1, p. 32-37.
- DÉCAMPS H., DÉCAMPS O. (2004). *Au printemps des paysages*. Paris : éd. Buchet/Chastel, série « écologie », 240 p. ISBN 978-2-283-02042-5
- DESPOIS J. (1961). *La Tunisie, ses régions*. Paris : Éditions Armand Colin, Paris, 224 p.
- DUCROT D. (2005). *Méthodes d'analyses et d'interprétation d'images de télédétection multisource. Extraction de caractéristiques du paysage*. Mémoire de recherches. INP Toulouse, 240 p.
- FRANCHOMME M. (2002). *Surveillance par télédétection des évolutions de la couverture végétale en zone côtière méditerranéenne de Tunisie*. Mémoire de maîtrise, Université des Sciences et Technologies de Lille, 100 p.
- GINESTOUS P. (1955). « Bizerte et l'histoire ». *Bulletin économique et social de la Tunisie*, n° 100, p. 89-118.
- GUERIN V. (1862). *Voyage archéologique dans la Régence de Tunis*. Paris : Éditions Plon, t. II, 395 p.
- JAZIRI B. (2017). « Évaluation quantitative et mise au point d'un SIG sur la structuration du paysage bocager de Ras Djebel dans le sahel de Bizerte (Tunisie) ». *Physio-Géo*, vol. 11, n° 1, p. 161-180. En ligne : <https://journals.openedition.org/physio-geo/5451>
- OUESLATI A. (1993). « Milieux naturels et ports de pêche dans la Tunisie septentrionale. Le cas du littoral de Ghar El Melh ». *Cahiers du CERES*, n° 9, p. 161-193.

- OUESLATI A. EL AROUI W., SAHTOUT N. (2015). « Sur la grande vulnérabilité du lido du complexe lagunaire de Ghar El Melh et de ses terres humides ». *Méditerranée*, n° 125, p. 65-73. En ligne : <https://journals.openedition.org/mediterranee/7944>
- PELLISSIER E. (1853). *Description de la Régence de Tunis*. Tunis : Éditions Bouslama/Paris : Imprimerie Impériale, 455 p.
- SAMAALI H. (2016). *Cartographie de la dynamique de l'occupation-utilisation du sol. Le delta de Mejerda*. Tunis : Faculté des sciences humaines et sociales, 388 p.
- TOKO MOUHAMADOU I., TOURÉ F., TOKO IMOROU I. ET SINSIN B. (2012) « Indices de structures spatiales des îlots de forêts denses dans la région des Monts Kouffé ». *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 12, n° 3. En ligne : <http://journals.openedition.org/vertigo/13059> ; DOI : 10.4000/vertigo.13059
- TOUNSI-GUÉRIN I., RABIA CH., BEN AMOR N. (2003). « Systèmes d'Information géographique et télédétection pour l'analyse spatiale en environnement côtier : Cas de la lagune de Ghar-El-Melh (Nord-Est tunisien) ». In Liauzu C. (éd.), *Tensions méditerranéennes*, Paris : L'Harmattan, p. 11-25. ISBN 2-7475-4478-8

NOTES

1. RMS : moyenne des erreurs résiduelles.

RÉSUMÉS

Cette contribution vise à étudier, par approche cartographique, l'évolution récente des jardins de culture « Ramli ». Ce parcellaire agricole a été aménagé sur la lagune de Sidi Ali El Mekki (zone humide du golfe de Tunis, l'ancienne baie d'Utique). Il est irrigué par un système original, utilisant le mouvement des marées, mouvement qui pousse la nappe phréatique jusqu'aux racines. L'approche méthodologique se base sur l'utilisation d'une variété de données cartographiques, photographiques et satellitaires à grandes échelles traitées sous un SIG. Cette étude s'appuie en outre sur une enquête réalisée auprès 67 agriculteurs locaux. Le travail sur l'évolution parcellaire s'étaye sur la cartographie des changements dans l'occupation du sol entre 1948 et 2016 et il est consolidé par les résultats statistiques des indices de structure spatiale qui ont permis de mettre en évidence des mutations profondes. En effet, entre 1948 et 1982 ce sont les berges nord de la lagune qui abritaient l'essentiel des parcelles agricoles aménagées pour cette période, soit 28,35 % de la surface agricole totale. À partir des années « 1980 » et avec les transformations sédimentaires, la zone située sur le littoral a accueilli l'essentiel des exploitations agricoles aménagées avec un taux d'accroissement de l'ordre de 217,5 %. Après 2010, cette même zone a subi une forte pression anthropique et accueilli l'essentiel de l'urbanisation qui risque de réduire l'aire de ces jardins uniques au monde.

Using a cartographic approach, this paper studies the recent evolution of Ramli gardens. This agricultural parcel was developed on the lagoon of Sidi Ali El Mekki (wetlands in the Gulf of Tunis, the former Bay of Utica). Its unique irrigation system uses the movement of tides to push

the water table to the roots. Our methodology is based on the use of a variety of large-scale mapping, photographic, and satellite data processed under a GIS. This study is also based on a survey of 67 local farmers. The work on plot evolution is based on the cartography of changes in land use between 1948 and 2016 and is consolidated by the statistical results of spatial structure indicators that have revealed profound changes. In fact, between 1948 and 1982, the northern banks of the lagoon sheltered most of the agricultural parcels developed for this period, which covers 28.35% of the total agricultural area. Starting from the 1980s, and with sedimentary transformations, the zone located on the coast hosted most of the managed farms with a growth rate of around 217.5%. After 2010, this same area has undergone strong anthropic pressure and the majority of the area's urbanization; a process that may shrink the overall area of these gardens that are the sole of their kind in the world.

Esta contribución pretende estudiar mediante cartografía temática la evolución actual de los huertos « Ramli ». Son parcelas agrícolas en las proximidades de la laguna de Sidi Ali El Mekki (humedal del golfo de Túnez en la antigua bahía de Útica). Su riego se realiza mediante un original sistema que utiliza el movimiento de las mareas que hace ascender el nivel del freático hasta las raíces. Para su investigación se han utilizado mediante sistemas de información geográfica distintas fuentes de información: bases cartográficas, fotografías e imágenes satélite a gran escala. Además, este estudio se complementa con una encuesta a 67 agricultores de la zona. El análisis de la evolución de las parcelas se apoya en una cartografía de cambios de uso del suelo entre 1948 y 2016, y se refrenda con los resultados estadísticos de los índices de estructura espacial que confirman importantes transformaciones. Así, entre 1948 y 1982 el 28.35% de la superficie agrícola total se situaba en las márgenes del norte de la laguna. Es, a partir de la década de los ochenta, con los cambios sedimentarios, cuando el litoral acoge a la mayoría de las nuevas explotaciones agrícolas con tasas de crecimiento del 217.5%. A partir del 2010 este espacio se está antropizando con una fuerte urbanización que pone en riesgo estas huertas únicas en el mundo.

INDEX

Palabras claves : huerta Ramli, cartografía, dinámicas actuales, humedal, laguna de Sidi Ali El Mekki

Keywords : Ramli garden, cartography, recent dynamics, wetland, Sidi Ali El Mekki lagoon

Mots-clés : jardin de culture Ramli, cartographie, dynamique récente, zone humide, lagune de Sidi Ali El Mekki

AUTEURS

HAMOUDA SAMAËLI

Maître-assistant, Département de géographie, FSHST de Tunis –UR : Géomatique des géosystèmes, FLAH la Manouba.

IBTISSEM TOUNSI-GUERIN

Maître de Conférences, Université Paris VIII- laboratoire LADYSS UMR 7533