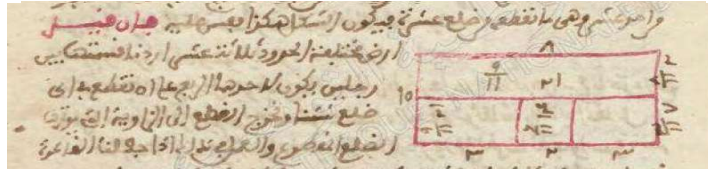


Actes du XIV^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes

Sousse, 6-8 mai 2022
(COMHISMA 14)



Hmida HEDFI & Mahdi ABDELJAOUAD

(Editeurs)

Tunis, Décembre 2022

Images de la couverture :

Manuscrit de la BNT numéro 24547 : *Risala fi t-taksir wa t-taqṭī*^c [Epître sur le mesurage et le découpage (des figures)] de Muḥammad Hawārī Misrātī (XIV^e siècle).

ISBN : 978 -9938-72-961-0



Géographie mathématique et cartographie en occident

musulman du IX^{ème} au XVI^{ème} siècle

Eric Mercier¹

Résumé : L'analyse de près de 900 paires de coordonnées géographiques provenant de 23 des sources datant du IX au XVI^{ème} siècles et extraites de la compilation de Kennedy & Kennedy (1987), nous permet de reconstituer autant de cartes géographiques du Sud de la Méditerranée. La comparaison entre ces cartes synthétiques permet de caractériser les choix effectués à chaque époque, notamment en ce qui concerne la position le tracé des côtes et les distances entre les localités. Nous montrons que les progrès ont été en « dents de scie » ; les meilleures données sont celles extraites des tables de *al-Zayyāt* (XI^{ème} siècle). L'influence positive de cet auteur sera ponctuellement sensible jusqu'au XIII^{ème} siècle. Après cette date cette influence disparaît totalement et les conceptions approximatives du IX^{ème} siècle redeviennent hégémoniques.

Abstract : The analysis of nearly 900 pairs of geographical coordinates taken from 23 sources dating from the 9th to the 16th centuries and extracted from the compilation of Kennedy & Kennedy (1987), allows us to reconstitute as many geographical maps of the Southern Mediterranean. The comparison of these synthetic maps allows us to characterise the choices made at each period, particularly with regard to the position of the coastline and the distances between localities. We show that the progress was "sawtooth"; the best data are those extracted from the tables of *al-Zayyāt* (11th century). The positive influence of this author will be punctually noticeable until the 13th century. After this date, this influence disappears completely and the approximate conceptions of the 9th century become once again hegemonic.

Mots-clés : Cartographie, géographie mathématique, Ptolémée, occident musulman, *al-Zayyāt*

¹ Université de Nantes (France)

Keywords: Cartography, mathematical geography, Ptolemy, Muslim West, al-Zayyāt

A) La géographie dans le monde arabo-musulman médiéval.

Comme le souligne Kennedy (1997), en préambule de sa synthèse sur la géographie arabo-musulmane, la composante « descriptive » de cette discipline était très développée et l'historien qui souhaite s'intéresser à ce sujet a, à sa disposition, une grande quantité de matériel. Celui-ci s'inscrit en grande partie dans une tradition fondée par *le Kitāb al-masālik wa l-mamālik* de *Ibn Khurradādhbih* (IX^{ème} siècle) (“Livre des routes et des lieux») où dominent trois préoccupations majeures : l'impôt, la situation aux frontières, et les routes avec leurs distances et les relais (Miquel 1996, p. 797). La composante scientifique de la géographie, habituellement désignée sous le nom de « géographie mathématique », qui s'intéresse aux systèmes de projection cartographiques, aux longitudes et latitudes, est beaucoup moins bien représentée dans le matériel disponible. Ainsi, on ne dispose pas, actuellement, d'aucune carte géographique médiévale qui repose sur un système projection rigoureux et sur un jeu de coordonnées scientifiquement déterminées (voir Pinto 2016 ; Rapoport 2020).

Cela ne veut pas dire que ces domaines n'intéressaient pas les savants arabo-musulmans, citons à titre d'exemple :

- un ouvrage d'*al-Birūnī* (973-1048) *Tasṭīḥ al-Ṣuwar wa Tabṭīḥ al-Kuwar* (Le Livre des projections des Constellations et de la fabrication des Sphères planes) qui présente huit systèmes de projection cartographiques (Berggren 1982).
- de nombreuses tables de coordonnées géographiques dont 72 ont été réunies et éditées par Kennedy & Kennedy (1987) (voir infra).

Il existe donc une véritable tradition de géographie mathématique. Celle-ci fut fondée par le *Kitāb ṣūrat al-arḍ* d'al-Khwārizmī (IX^{ème} siècle) (“Livre de la figure de la Terre”) qui est une adaptation et une mise à jour de la “Géographie” de Ptolémée. Mais les productions cartographiques qui, en toute logique, devraient s'inscrire dans cette tradition sont curieusement perdues. Il a donc semblé intéressant de tenter un essai de “reconstitution” de ces cartes dans l'espace géographique qui correspond à l'Afrique du Nord, à al-Andalus, et aux principales îles de la Méditerranée. Le but est de caractériser la chronologie des améliorations qui ont été apportées à l'ancienne “image du monde” héritée de

Ptolémée, par les géographes de l'espace arabo-musulman médiéval et post-médiéval.

La comparaison de la carte de Ptolémée et d'une carte contemporaine (Fig. 1) montre que les principales améliorations, que l'on est en droit d'attendre, concernent :

- la longueur de la Méditerranée (grossièrement la distance entre Tanger et Alexandrie),
- l'orientation de la côte Atlantique,
- le dessin du littoral Septentrional de l'Afrique, avec notamment l'échancrure des golfes de Syrte et Gabès, et la position septentrionale du Nord de la Tunisie (matérialisé par Tunis) par rapport à l'ensemble du littoral.

Ce sont les principaux points qui retiendront notre attention.

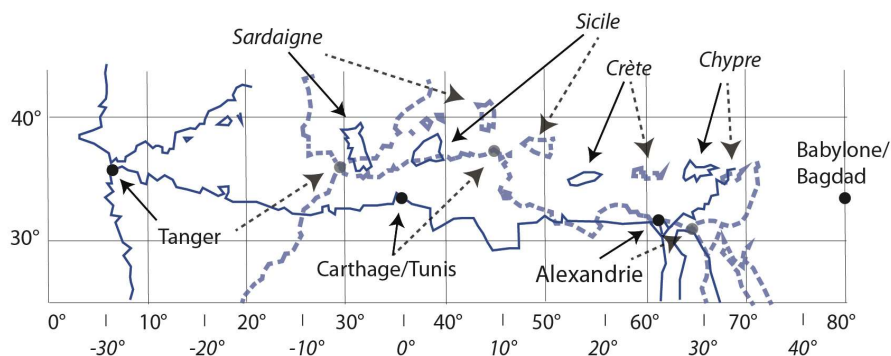


Fig. 1: Le secteur étudié : selon Ptolémée, et selon la géographie du XXI^{ème} siècle, dans un système de projection cartésien. Le méridien de Babylone / Bagdad est considéré comme fixe (voir explications dans le texte). Les échelles de longitude correspondent (1) à celle de Ptolémée (méridien « zéro » au niveau des Iles Canaries, et (2), celle de l'époque actuelle (méridien « zéro » = méridien de Greenwich).

B) Coordonnées géographiques et méridiens de référence

La civilisation arabo-musulmane a donc hérité de Ptolémée (c. 90 - c. 168) un système géographique mathématique complet qui était basé sur les principes

suivants : (1) les terres habitées occupent la moitié de la sphère terrestre, leurs longitudes s'étalent donc sur 180° ; (2) le méridien "zéro" est localisé au niveau de la plus occidentale des Iles Fortuna (Iles Canaries) ; et (3) les latitudes sont comptées à partir de l'équateur.

Très vite les géographes arabes, à la suite d'al-Khwārizmī (c. 780 – c. 850), se sont rendu compte que l'Eurasie occupait moins de place sur le globe que ne le pensait Ptolémée. Ils ont donc été amené à établir de nouvelles coordonnées. La mesure de la latitude d'une localité est relativement facile : une observation de nuit à l'astrolabe, ou au quadrant, ou encore à midi sur un cadran solaire, permet une excellente évaluation (voir Kennedy 1996, 1997). Par contre la mesure de la longitude est un problème scientifique majeur. Ptolémée, comme les géographes arabes de la période qui nous intéresse (IX-XVII^{ème} siècle), ne disposaient que de deux méthodes (voir: Kennedy 1996, 1997 ; Comes, 1995, 2000)

- la méthode la plus facile à mettre en œuvre est l'« estime » : connaissant la taille du globe terrestre et l'orientation et la longueur de la ligne droite joignant deux localités, on peut calculer les différences de coordonnées et notamment la composante en longitude. Il s'agit évidemment d'une méthode très imprécise du fait de la difficulté d'évaluer précisément à terre, les distances et les azimuts lointains.
- l'observation simultanée et le chronométrage d'évènements cosmiques, notamment les éclipses lunaires, à partir de deux lieux de la Terre, permet également d'évaluer le décalage horaire, et donc la différence de longitude entre les deux lieux d'observation. Mais les éclipses sont des événements rares qui, de plus, doivent être prévues d'avance de façon à programmer les observations distantes. Cette méthode est notamment évoquée par *al-Battānī* (858-929) (Delambre 1819 p. 16) et décrite par *al-Marrākušī* (XIII^{ème} siècle) (in Sédillot, 1834, p. 312-314).

Ces méthodes sont imprécises et d'usage délicat ; il faut donc s'attendre à une certaine imprécision dans les longitudes.

Dans le système de Ptolémée, le méridien à 90°, qui est censé correspondre au centre du Monde, a pris beaucoup d'importance (Pellat 1986). Il est connu

sous le nom de « Coupole / Dôme d'Arîne » (*Qubbat Arin*) ou de « Coupole de la Terre ». L'existence, de facto, de deux méridiens fondamentaux, espacés de 90° , s'est révélée problématique quand il s'agit de modifier les longitudes de Ptolémée. Comme le souligne, dès le XIII^{ème} siècle, al-Marrākuṣī (in Sédillot, 1834, p. 312-13), il est en effet possible de garder fixe, indifféremment, l'un ou l'autre des repères. De fait, Comes (1994, 2000) a documenté dans le détail un déplacement vers l'Ouest du méridien « zéro » qui s'est donc éloigné des Iles Canaries pour devenir le « Méridien de l'eau ». Par ailleurs, un autre élément ajoute à la confusion : c'est le fait que les géographes ont utilisé deux systèmes de comptage des longitudes (Kennedy & Regier 1985) qui se réfèrent à deux méridiens « zéro » différents : les Iles Canaries (« Système C ») ou la côte de l'Atlantique (« Système A »), ces méridiens étant espacés de 10° (voir aussi à ce sujet : Tibbets 1992 p.103, Kennedy 1996 p.187, Sezgin 2005 v1 p.149, King 2014 p.27).

L'existence de ces différents méridiens de référence (Iles Canaries, Côte de l'Atlantique, Coupole d'Arîne et les différents méridiens de l'eau), et celle des systèmes de longitudes A et C, ont longtemps engendré une confusion extrême. Cette confusion qui est soulignée unanimement par les auteurs des synthèses sur la Géographie Mathématique arabo-musulmane ancienne (Tibbets 1992, Kennedy 1996, Sezgin 2005).

Récemment, j'ai pu montrer (Mercier 2020a et 2020b), grâce à des arguments statistiques et historiques, que cette confusion n'était qu'apparente. Notamment, il peut être démontré que l'ensemble des géographes ont utilisé comme méridien de référence, non pas un de ceux listés précédemment, mais un méridien situé au Moyen-Orient, probablement celui de Bagdad qui, tout le long de l'histoire, a conservé une longitude fixe (« Système C » : 80° , « Système A » : 70° ²). Dans ce contexte, les fluctuations de position du méridien « zéro », ou de la Coupole d'Arîne, apparaissent comme étant la conséquence de modifications de la taille des unités géographiques. Par exemple, si les géographes étaient amenés à diminuer la taille de la Méditerranée, et nous verrions que cet exemple

² En fait, n'importe quel méridien situé au Moyen-Orient a pu faire l'affaire dans la mesure où, dans cette région, les distances et les différences de longitudes ont peu subi de variations pendant la période qui nous intéresse. Il est, par exemple, probable qu'al-Khwārizmī a utilisé le méridien de Jérusalem et que plus tard, une minorité de géographes ont utilisé celui de Damas (Mercier 2020b).

n'est pas seulement théorique, le caractère fixe des longitudes du Moyen-Orient impose que le méridien « zéro » s'éloigne de la côte atlantique.

C) La compilation de Kennedy & Kennedy (1987)

Les coordonnées géographiques utilisées dans l'essai de reconstitution de cartes que je propose ici, sont toutes issues dans l'énorme compilation de coordonnées géographiques anciennes de Kennedy & Kennedy (1987) : «*Geographical coordinates of localities from Islamic sources* » que je désignerai dorénavant comme « K&K ». Ce travail réuni environ 12000 paires de coordonnées géographiques, issues 72 sources arabo-musulmanes différentes. Chaque source, à laquelle est attribuée un code en 3 ou 7 caractères qui sera utilisé dans cet article (voir table 1), contient les coordonnées, longitude et latitude, d'un nombre variable de localités (2 à 656). K&K ont reconnu le système de longitude utilisé (A ou C) pour la grande majorité des sources et ont proposé un classement chronologique. Comme la plupart des sources sont datés, un cadre chronologique solide est disponible pour étudier l'évolution de la géographie mathématique arabo-musulmane ancienne.

SOURCE	CODE	DATE	Syst.	n
Ain-i-Akbari de Abul Fazl-i-'Allami	AIN	c. 1580	C	64
Al-Kāshī's Zīj-i Khāqānī	KAS	c. 1420	C	51
Ibn al-Shāṭir's al-Zīj al-jadīd	SHA	c. 1350	A	23
Le Zīj de Shams al-Munajjim	MUN	c. 1330	C	11
Le Ashrafi Zīj de Sayf-i Munajjim	ASH	1310	A	24
Le Minhāj al-tālīb d'ibn de al-Bannā'	BAN	avant 1321	A	20
Le Jāmi' al-mabādī' de al-Marrākushī	MAR	c. 1250	C	53
Le Zīj de Muḥyī al-Dīn al-Maghribī	MAG	1276	C	25
Tijj al-azyāj par Mulyī al-Dīn al-Maghribī	TAJ	1258	C	20
Le Risālah al-amal bil-asturlab de Al-Tūqānī	TUQ		C	16
Kitāb bast al-ard de ibn Sa'īd reproduit par Abūl-Fida'	SAA-FID	avant 1286	A	50
Le Kitāb bast al-ard de ibn Sa'īd's	SAA	avant 1286	A	66
Les Tables anonymes de Marseille	MRS	XII ^{ème}	A	17
La liste dans les tables de Tolède	TOL	c. 1185	A	17
Le Kitāb al-aqālīm de al-Zayyāt	ZAY	avant 1058	A	64
Le Qānūn de al-Bīrūnī reproduit par Abūl-Fida'	BIR-FID	c.1040	A	16
Al-Qānūn al-Mas'ūdi de al-Bīrūnī	BIR	c. 1040	A	44
Al-Zij al-Kabīr al-Hākimi de ibn Yūnus	YUN	c. 990	A	52
Al-Zij al-Sabī' de al-Battānī	BAT	c. 900	C	15
Le Kitāb al-Atwal (anonyme)	ATH-FID		A	30
'ajā'ib al-aqālīm al-sab'ah par Suhrāb	SUH	c. 930	A	62
Kitāb Rasm al-Mz'mūr, de Abūl-Fida'	RES-FID	c. 820	A	11
La liste de al-Khwārizmī	KHU	c. 820	A	77
La Géographie de Ptolémée	PTO	c. 140	C	49

Table 1: Liste chronologique des sources utilisées (23 des 76 sources de la compilation K&K); Code de K&K (4 ou 7 signes), datation et nombre de localités dans le domaine géographique étudié (Fig. 1). L'ordre de la liste et les datations sont tirés de K&K qui sera consulté pour plus de détails.

Dans la présente étude, ont été exclues :

- les sources postérieures au XVI^{ème} siècle, éventuellement influencées par la géographie européenne,
- les sources uniquement orientales, ou ne mentionnant qu'un nombre restreint, voire nul, de localités occidentales,

- les sources qui apparaissent problématiques, ou très altérées, et pour lesquelles K&K n'ont pas déterminé l'appartenance aux systèmes A ou C.
- la source QBL, pour laquelle il existe un problème de datation majeur³

Ce sont donc 23 sources qui seront examinées, soit les 30 % des sources collectées par K&K (table 1). Ces sources correspondent à 877 mentions dans la région sélectionnée ici (Fig. 1), soit 7,3% des mentions listées par K&K, ce qui souligne la faible représentation de l'occident musulman dans cette compilation.

D) Méthodologie de l'étude

Après avoir sélectionné les sources pertinentes (Table 1), il va s'agir d'identifier l'équivalence actuelle des localités mentionnées. Cette recherche a été initiée par K&K, mais de façon très partielle. J'ai pu compléter ce travail grâce aux ouvrages de Talbert (2000), de Savage-Smith & Rapoport (2014), et de Defaux (2017) ; mais aussi grâce aux sites web de plusieurs municipalités du Maghreb qui indiquent les noms anciens de leur ville ou village. Au total, je dispose de l'identification de près de 80% des 293 localités citées dans les sources sélectionnées, ce qui correspond à 91,2% des 877 mentions (localité avec coordonnées) ; la différence de pourcentage résulte du fait que ce sont les localités les plus rarement citées (parfois 1 ou 2 fois seulement) qui se sont révélées les plus difficiles à identifier.

Une fois les localités identifiées, j'ai attribué à chacune d'elle un code géographique selon qu'il s'agit d'une localité côtière, insulaire, ou de l'intérieur des terres. J'ai également distingué les localités situées en bordure du Nil ou dans son delta, et celles que je n'ai pas pu identifier.

³ Le *Kitāb* correspondant à la source QBL est le seul manuscrit connu de *Zayn al-Dīn al-Dimyāṭī*, dont nous ne savons que très peu de choses. Cette source n'est pas datée, mais K&K la situe chronologiquement entre YUN et ZAY (fin du Xe siècle-milieu du XIe siècle). Selon King (1984, p. 115, note 70), *Zayn al-Dīn al-Dimyāṭī* est un auteur égyptien du XIIIe siècle. Pour sa part, Comes (1994 p. 48) considère qu'il a vécu au XVIIe siècle.

A ce stade, je dispose donc d'un fichier informatique de 877 lignes, chaque ligne ayant la structure suivante : [Source (code de K&K), nom de la localité, longitude, latitude, code géographique]

Grace à un logiciel développé spécialement, l'exploitation de ce fichier permet d'éditer automatiquement une carte dont la figure 2 donne un exemple.

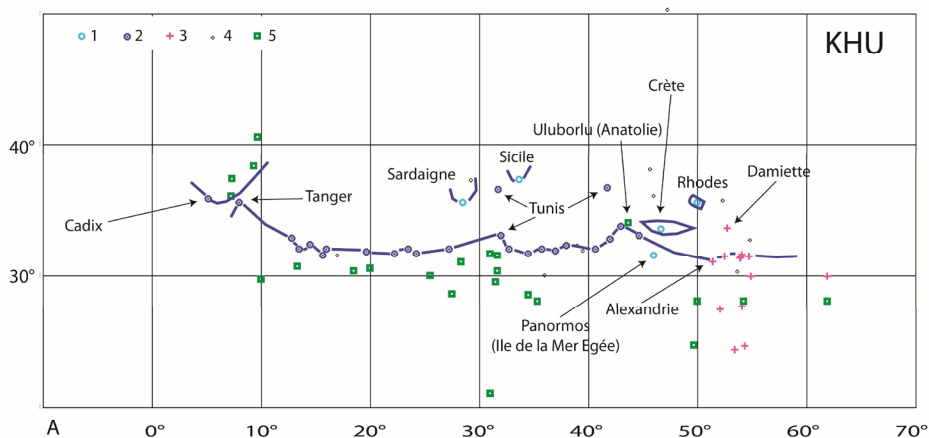


Fig. 2 : Exemple de carte automatique localisant sur une grille de coordonnées standard, les différentes localités mentionnées par la source (ici KHU). Les flèches et la toponymie, absents de la carte informatique, sont ajoutés ici pour accompagner les explications du texte. Le tracé des côtes est effectué manuellement en fonction de l'ensemble des informations disponibles (voir texte). Légende : 1 = localité insulaire ; 2= localité côtière ; 3 = localité dans le delta ou en bordure du Nil ; 4 = localité non identifiée ; 5 = localité de l'intérieur des terres.

Une fois cette carte éditée, il suffit, en théorie, de joindre manuellement les points représentant les localités côtières, de localiser les îles et le Nil pour avoir la carte recherchée. En pratique, ce n'est jamais aussi simple. En effet, des localisations qui peuvent sembler aberrantes sont parfois attribuées à certaines localités dans les sources. A priori, ces « aberrations » peuvent aussi bien refléter une erreur de copiste à négliger, qu'une conception personnelle du géographe, dont il faut tenir compte si l'on souhaite réaliser une carte représentative de la source. La question est donc de faire la part entre ces deux cas de figure, ce qui pose un certain nombre de problèmes. C'est ce que nous allons discuter

maintenant en envisageant la diversité des positions géographiques de quelques localités (Fig. 3).

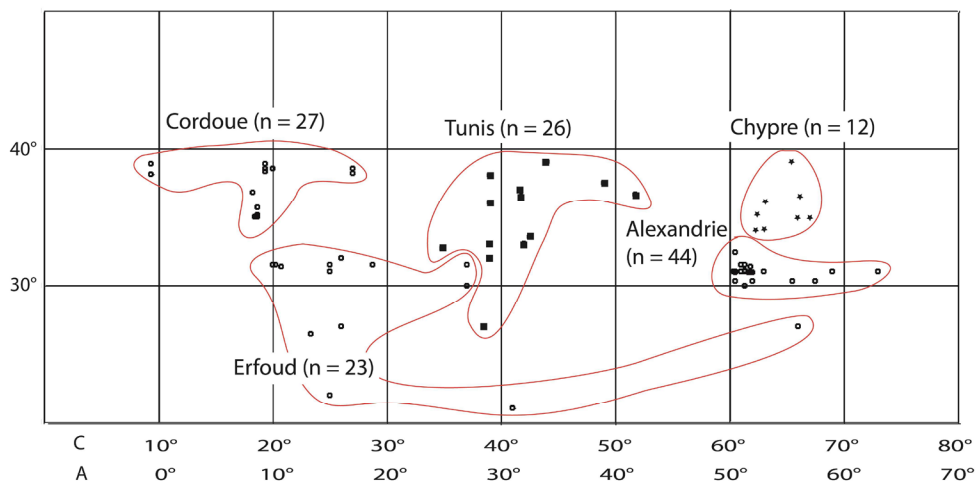


Fig. 3 : Compilation, sur la même grille de coordonnées, des différentes positions de 5 localités sélectionnées.

Nous avons évoqué le fait que pendant la période médiévale, la mesure de la latitude était relativement aisée alors que celle de la longitude posait de très importants problèmes. On devrait donc s'attendre à ce que les positions d'une localité donnée soit comprise dans un étroit espace en latitude mais qu'elles s'étendent en longitude. C'est ce que l'on observe pour Alexandrie (Fig. 3) qui correspond, logiquement, au cas majoritaire. Mais il existe, marginalement, des localités pour lesquelles les fluctuations en latitude sont beaucoup plus sensibles. La figure 3 présente quatre exemples :

- Cordoue (n=27), en Andalousie, est caractérisée par une répartition bimodale ; environ la moitié des sources donnent une latitude autour de 38° et une longitude assez fluctuante, mais l'autre moitié est constante en latitude (vers 35°/36°) comme en longitude. Clairement, des erreurs de copie ne peuvent expliquer cette répartition, on est en face de deux conceptions cartographiques différentes.
- Tunis (n=26) montre une importante fluctuation en longitude, comme attendu, mais également en latitude. Là aussi, cette fluctuation peut

être mise en relation avec des conceptions cartographiques différentes, seuls le point le plus oriental et celui le plus méridional peuvent, éventuellement, être la conséquence d'erreur de copiste.

- Chypre (n=12), de la même façon montre une importante fluctuation des deux coordonnées. Comme précédemment, cette répartition interroge dans la mesure où l'on a du mal à imaginer que la position de cette île importante en Méditerranée ne soit pas mieux connue.
- Erfoud (n=23), importante cité caravanière à la limite du désert dans le Sud marocain, semble localisée à peu près au hasard dans la majorité des sources. Le caractère systématique et l'importance des erreurs suggère une incertitude géographique.

Il ressort de ces exemples que la non prise en compte d'une position de localité dans la réalisation de la carte, ne peut pas résulter d'un algorithme et nécessite d'envisager les contextes historiques et géographiques de cette donnée. C'est que nous allons illustrer sur quelques exemples issus de la figure 2. Cet exemple correspond à la source KHU, c'est-à-dire le *Kitāb ṣūrat al-ard* d'al-Khwārizmī (IX^{ème} siècle) qui est connu en un seul exemplaire⁴ et édité par von Mzik (1926) et commenté par celui-ci et par Nallino (1939). On notera que la grille de coordonnées est la même que celles des cartes de la figure 1 mais cette source étant dans le "Système A", l'échelle des longitudes est décalée de 10° par rapport à l'échelle de la carte de Ptolémée ("Système C"). Ce décalage permet une comparaison directe entre les différentes cartes.

- Tunis est mentionné trois fois dans la table KHU, avec des latitudes de 36,7° ; 35,5° ; et 33°. Les deux premières mentions⁵ sont beaucoup plus proche de la latitude correcte (36,7°) que la dernière, c'est pourtant celle que j'ai retenue pour tracé la ligne côtière dans la mesure où elle permet un tracé cohérent avec les localités proches (Sardaigne, Sicile et villes côtières voisines).
- Une dizaine de degrés plus à l'Est, on constate, de part et d'autre du trait de côte, la présence de deux localités qui devraient être implantées plus au Nord, une île grecque de la mer Egée (Panormos)

⁴ Université de Strasbourg (ms 4-247), disponible sur "gallica.bnf.fr"

⁵ Il est probable que ces valeurs correctes aient été ajoutées par des copistes ayant relevé l'erreur d'al-Khwārizmī.

et une ville de l'Anatolie (Uluborlu). On doit clairement ne pas tenir compte de ces points.

- Encore plus à l'Est, la ville de Damiette, qui possède une latitude proche de celle d'Alexandrie et des autres villes côtières du delta du Nil, est indiquée plus au Nord. Là aussi, on doit ne pas en tenir compte⁶.

Ces exemples illustrent la méthode qui a été utilisée pour réaliser les cartes correspondant aux sources sélectionnées. Il est clair qu'elle suppose une part de subjectivité, mais inversement, il est clair qu'aucune méthode automatique de filtrage des points aberrants ne peut être envisagée.

E) L'évolution de la cartographie de l'occident musulman.

Dans les lignes qui suivent, je vais donc tenter de caractériser les progrès et les régressions dans la cartographie des côtes.

La carte de KHU (Fig. 4 B) montre une grande fidélité au tracé de Ptolémée (Fig 4 A) avec néanmoins une réduction de la taille de la Méditerranée d'un peu plus de 10°. Al-Khwārizmī (c. 780-c .850) est considéré par K&K, Kennedy (1996, 1997) comme le fondateur du « Système A », pourtant, comme la figure 4 le montre, et contrairement à ce qui affirmé dans la bibliographie, il est évident qu'il n'a pas utilisé pas la côte de l'Atlantique comme « méridien zéro ». Au contraire, il a globalement conservé le système de Ptolémée avec une méridien « zéro » situé une dizaine de degrés à l'Ouest en mer (discussion complète dans Mercier 2020a et 2020b). La conséquence est un décalage des longitudes, par rapport à celles de Ptolémée, qui augmente progressivement vers l'Est pour atteindre 10 degrés au Moyen-Orient. Selon moi, c'est ce décalage au Moyen-Orient (typiquement Bagdad) qui caractérise le « Système A » et non la position du méridien « zéro » comme le prétend la bibliographie.

⁶ Jafri (1985), a été d'un avis contraire dans sa reconstruction la carte mondiale d'al-Khwārizmī.

Les sources immédiatement postérieures ont suivi assez précisément les conceptions d'al-Khwārizmī : RES-FID (non illustré), SUH (Fig. 4 C), ATH-FID (non illustré).

Puis, al-Battānī (BAT) (c. 858-930), dans son *Al-Zij al-Sabi'* (voir Nallino 1894, 1899-1910), a fourni une table qui correspond à un retour à la dimension de la Méditerranée et au « Système C » de Ptolémée (Fig. 4 D). Tout se passe comme s'il ignorait le travail d'al-Khwārizmī⁷. C'est à partir de cette époque que les deux systèmes A et C, vont coexister dans la géographie mathématique arabo-musulmane, mais dans un premier temps, le « Système C » ne laissera pas de trace dans l'occident musulman. Les sources immédiatement postérieures à BAT, et qui concernent cette dernière région, sont toutes dans le « Système A » : YUN (Fig. 4 E), BIR (Fig. 4 F), ZAY (Fig. 4 G), TOL (Fig. 4 H), MRS (non illustré), SAA (Fig. 4 I). Ce n'est qu'avec TAJ (Fig. 4 J) au XIII^e siècle que l'on trouve une source basée sur le « Système C ».

Examinons le tracé que l'on peut tirer de ces sources du « Système A ». Les sources YUN⁸ et BIR ne s'éloignent guère de KHU. Cette similitude peut surprendre de la part de *al-Bīrūnī* (973- c. 1048) qui est connu pour un travail très novateur dans le domaine de la géographie mathématique⁹, mais celui-ci ne concerne que la partie orientale du monde arabo-musulman de son époque.

La source ZAY (le *Dikr al-Aqālīm* du géographe andalou al-Zayyāt ; XI^e siècle) (Castelló 1989) est remarquable à au moins trois titres ; c'est, parmi toutes les sources évoquées ici :

⁷ Ce point mériterait une discussion qui sort du cadre du présent travail. Disons simplement que Nallino (1894) considère que les conceptions différentes d'al-Battānī et d'al-Khwārizmī illustrent la « lutte » (sic) entre la tradition grecque et les réformes radicales de l'époque du Calife al-Ma'mūn. Par ailleurs, al-Battānī cite plusieurs fois le titre d'un ouvrage qu'il a utilisé comme source : le *Kitāb šūrat al-arḍ*. Ce titre est celui du livre d'al-Khwārizmī, mais il a aussi été utilisé par d'autres auteurs, notamment par Thābit ibn Qurrah (ouvrage perdu), contemporain d'al-Battānī.

⁸ J'ai précédemment affirmé, sur la foi d'une étude statistique de la longitude moyenne de plusieurs groupes de localités, que la source YUN (Ibn Yūnus est un célèbre astronome qui a vécu en Égypte à la fin du X^e siècle) avait fourni, au même titre que ZAY, une longueur quasi correcte de la Méditerranée (Mercier 2020b). Cette conclusion n'est fautive et résulte d'un artefact statistique consécutif à l'utilisation de moyennes.

⁹ *Kitāb taḥdīd nihāyāt al-amākin li-taṣḥīḥ masāfāt al-masākin*, traduction Ali (1973) et commentaires Kennedy (1973) ; voir aussi Schoy (1924)

- C'est celle qui fournit l'évaluation la plus correcte de la longueur de la Méditerranée.
- C'est la plus ancienne qui ne donne pas une forme quasi-linéaire au littoral Nord-Africain mais au contraire indique une position nettement septentrionale du Nord de la Tunisie (assimilable à Tunis) par rapport au reste de ce littoral.
- C'est également la plus ancienne qui montre une orientation correcte (non méridienne) de la côte atlantique.

Il semble que cette source ait eu une certaine influence sur quelques sources du XII^{ème} siècle comme TOL (Fig. 4 H) et MRS (non illustrée), mais cette influence ne concerne que la position de Tunis et non la longueur de la Méditerranée qui reste, pour ces sources, celle indiquée par KHU. Un peu plus tard SAA (Fig. 4 I ; XIII^{ème} siècle) se différencie en plaçant le point le plus septentrional de la côte au niveau de Cyrénaïque (Libye), cette conception n'aura pas de suite.

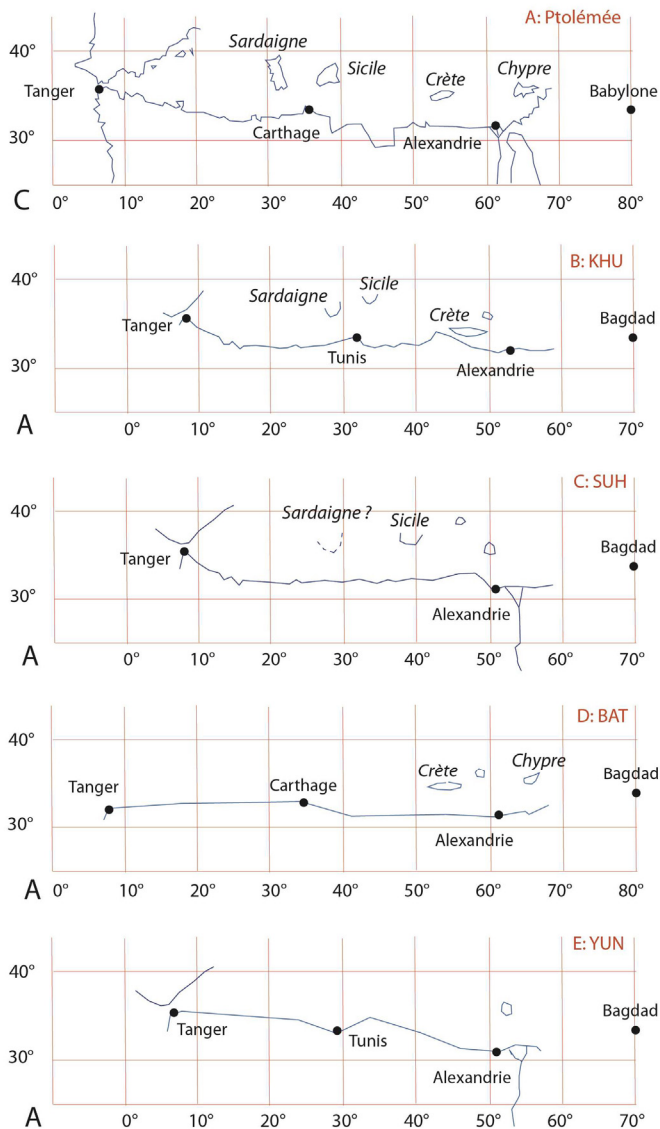


Fig. 4 : Essai de reconstitution des cartes de l'occident musulman d'après 13 sources sélectionnées dans K&K (B à N) et, pour comparaison, carte de Ptolémée (A) et carte contemporaine (O). La carte la plus proche de la carte actuelle est celle de ZAY (XI^{ème} siècle), qui a eu une influence sur plusieurs sources jusqu'au XIII^{ème} siècle (MAR). Ensuite, ce sont les conceptions anciennes (tirées de KHU) qui redeviennent hégémoniques (voir texte).

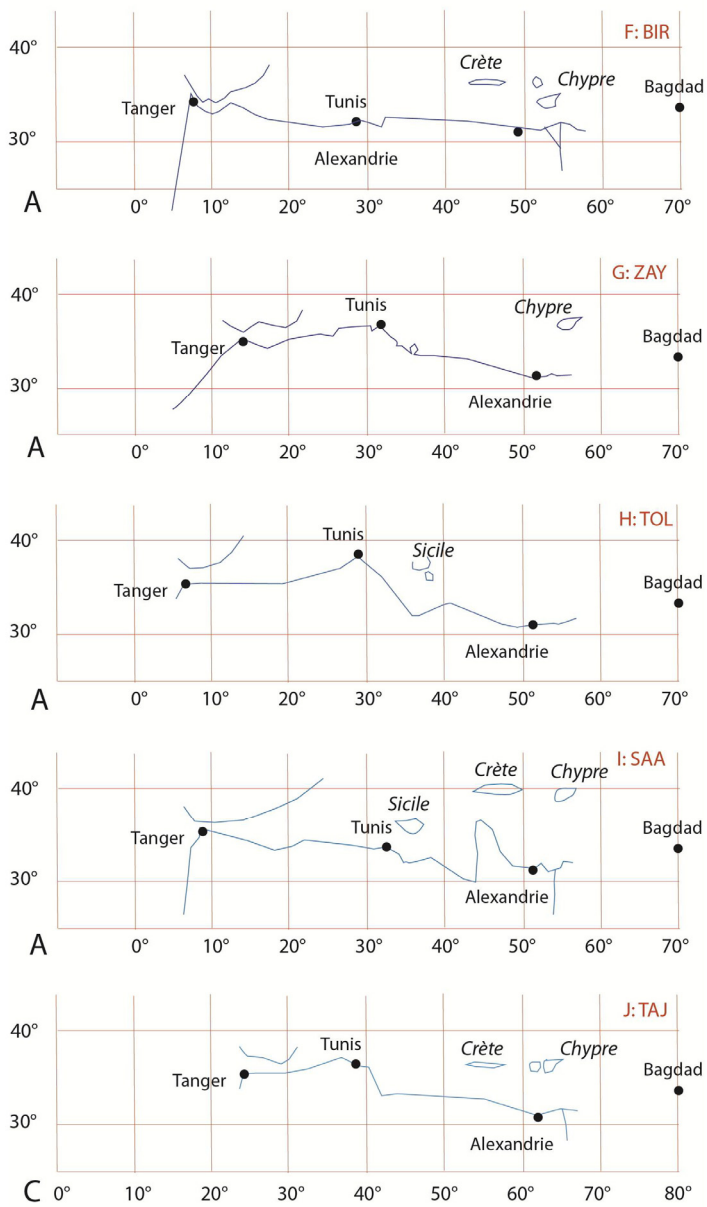


Fig. 4 : suite

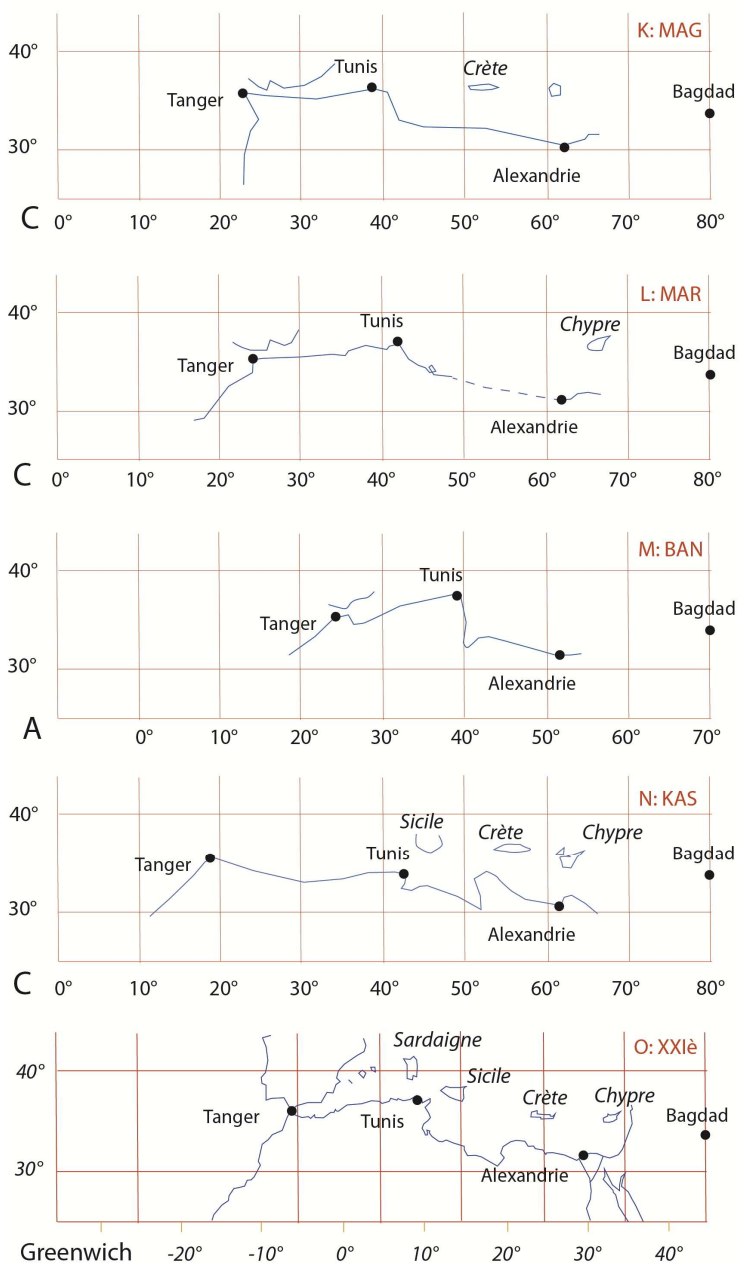


Fig. 4 : suite et fin.

A peu près à la même époque, le milieu du XIII^{ème}, on trouve les premières sources du « Système C » qui concernent l'occident musulman. Il s'agit notamment de TAJ (Fig. 4 J), TUQ (non illustré), MAG (Fig. 4 K) et MAR (Fig. 4 L). Ces sources adoptent les conceptions géographiques d'al-Zayyāt en ce qui concerne la position septentrionale de Tunis et la longueur de la Méditerranée. La dernière de ces sources, MAR, reprend de plus un dessin correct de la côte Atlantique.

Un peu plus tard, la souce BAN, correspond au chapitre 4 du *Minhāj at-Tālib Li-Ta'dīl al-Kawākib* d'Ibn al-Bannā' al-Marrākushī al-Azdi (1256-c. 1321) (Vernet 1952). Dans ce texte on trouve une table des coordonnées pour 32 localités (BAN ; Fig. 4 M). Cette source est caractérisée par la latitude correcte de Tunis, par une orientation satisfaisante de la côte Atlantique, mais surtout par une taille excessivement réduite de la Méditerranée. Cette conception très originale est à mettre en relation avec une remarque de Samsó (2007) qui indique que, selon al-Bannā' « *les différences de longitude entre La Mecque et d'autres villes islamiques n'étaient pas connues de façon fiable* ». Avec un telle opinion sur les travaux antérieurs de géographie mathématique, on conçoit qu'il ait été amené à proposer une solution radicalement différente de ses prédécesseurs... Cette conception extrême n'aura pas de suite.

A partir du début du XIV^{ème} siècle, les sources du « Système A » et du « Système C », sont systématiquement revenues aux conceptions anciennes initiées par KHU (Fig. 4 B), notamment en ce qui concerne la longueur de la Méditerranée et la latitude de Tunis. C'est notamment le cas de ASH, MUN et SHA (non illustrés), KAS (Fig. 4 N), et AIN (non illustré). Tout au plus peut-on noter de l'orientation correcte de la côte Atlantique, ou le prise en compte de l'échancrure des Golfes de Gabès et/ou Syrte dans certaines sources, comme par exemple dans KAS (Fig. 4N).

F) Discussions et conclusion

L'édition des cartes de la figure 4 constitue une avancée importante dans la compréhension de l'évolution de la géographie mathématique et de la cartographie, dans l'occident musulman car les critères d'appréciation se trouvent multipliés. Au paramètre unique utilisé antérieurement (longueur de la Méditerranée ; Robles Macías 2014 ; Mercier 2020a et 2020b) on ajoute en effet le *pattern* des tracés : orientation de la côte atlantique, « promontoire » de Tunisie septentrionale, indentation des golfes Gabes-Syrte...

Par ailleurs, et contre toute attente, cette étude montre que la détermination de la latitude de nombreuses localités est restée longtemps très imprécise (Tunis, mais aussi Chypre (Fig.2), Cordoue etc...).

Enfin, cette étude confirme l'importance historique du *Dikr al-Aqālīm* du géographe andalou al-Zayyāt (ZAY, XI^{ème} siècle) (Castelló 1989) dont le travail constitue clairement une apogée quelque soit le critère d'évaluation que l'on retient¹⁰. Les coordonnées géographiques de cette source sont assez proches de la réalité¹¹. La question des méthodes de mesure utilisées se pose ; hélas, dans son texte al-Zayyāt présente longuement la méthode classique de mesure de la latitude grâce à la déclinaison du Soleil, mais est totalement muet sur la mesure de la longitude ! L'influence de cette source s'est fait sentir pendant quelques siècles, mais à partir des XIV-XV^{ème} siècles, les sources se réalignent toutes sur KHU (IX^{ème} siècle), particulièrement en ce qui concerne la longueur Méditerranée et la latitude du Nord de la Tunisie.

Il faut insister sur le fait que la mise en évidence de la période de décadence à partir du XIV^{ème} siècle, ne concerne que la géographie mathématique et plus précisément la tradition des tables de coordonnées. En effet, à la même époque et au même endroit une autre « école » de cartographie va particulièrement briller : dès le XV^{ème} siècle, des auteurs de portulans à Tripoli (exemple : Fig. 5) ou plus tard Sfax (les célèbres cartographes al-Scharfī du XVI^{ème}) vont réaliser des cartes d'une précision déroutante sans aucune référence à la géographie mathématique. L'absence apparente de liens entre ces deux traditions pose évidemment problème.

¹⁰ Notons que la carte du monde d'al-'Umarī (XIV^{ème} siècle) montre un tracé de la côte Septentrionale de l'Afrique très différent de la carte d'al-Khwārizmī (KHU), mais très proche de celle d'al-Zayyāt. Il est donc difficile de suivre feu le Professeur Fuat Sezgin qui a présenté cette carte comme directement inspirée (copiée) d'une carte du calife al-Ma'mūn et d'al-Khwārizmī.

¹¹ en tenant compte, évidemment, du changement de méridien « zéro ».



Fig. 5 : Extrait d'un portulan d'un auteur andalou du XVème siècle (al-Mursi : ms. Istanbul Deniz Muzesi Komutanligi, no.882) avec le tracé de la côte surligné d'un trait continu. Le tracé correct (Fig. 4 N) est ajouté pour comparaison en pointillé ; la similitude est remarquable.

Références

- Ali J. (1973). The Determination of the Coordinates of Positions for the Correction of Distances between Cities; a Translation from the Arabic of *Kitāb taḥdīd nihāyāt al-amākin li-taṣḥīḥ masāfāt al-masākin*; The American University of Beirut 278 p.
- Berggren J.L. (1982) : Al-Biruni on Plane Maps of the Sphere, *Journal for the History of Arabic Science*, 6, pp. 47-112
- Castelló F. (1989): « *Dikr al-Aqālīm* », (*Tratado de geografía universal*) ; Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona; 358 p.
- Comes M. (1994): The “Meridian of Water” in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa; *Journal for the History of Arabic Science*, 10, p. 41 - 51. Repr. in Comes, *Coordenadas del Cielo y de la Tierra*. Universitat de Barcelona, pp. 377 - 388.
- Comes M. (1995) : Las tablas de coordenadas geográficas y el tamaño del Mediterráneo según los astrónomos andalusíes. In *Al-Andalus: el legado científico*, Fundación El Legado Andalusi, Granada, p. 22 - 37.
- Comes M. (2000): Islamic Geographical Coordinates: al-Andalus' contribution to the correct measurement of the size of the Mediterranean. In *Science in Islamic Civilization. Studies and Sources on the History of Science*. Istanbul: Research Centre for Islamic History, Art and Culture, Istanbul, p. 123 - 138. Repr. in Comes, *Coordenadas del Cielo y de la Tierra*. Universitat de Barcelona, Barcelona, 2013, pp. 389 - 404.
- Defaux O. (2017): *The Iberian Peninsula in Ptolemy's Geography. Origins of the Coordinates and Textual History*, Berlin: Edition Topoi, 474 p.

- Delambre, J.B. (1819): *Histoire de l'astronomie du Moyen-Âge*. Paris, Courcier, 764 p.
- Jafri S. R. (1985): *Al-Khwarazmi's map of the world based on "Kitab surat al-ard"*, Donish Publishers, Dushanbe, 142 p.
- Kennedy E.S. (1973). *A commentary upon Bīrūnī's Kitāb taḥdīd al-amākin*; American University of Beirut, Beirut, 280 p.
- Kennedy E.S. (1996): «Mathematical geography» in Rashed, R.: *Encyclopedia of history of Arabic Science*, v. 1 ; p. 185 - 220 .
- Kennedy E.S. (1997) : "Géographie Mathématique Et Cartographie". *Histoire des Sciences Arabes* v.1 ; p. 217-232.
- Kennedy E.S. & Regier M.H. (1985): «Prime meridians in medieval Islamic astronomy», *Vistas in Astronomy*, 28, p. 29 - 32.
- Kennedy E.S. & Kennedy M.H. (1987): *Geographical coordinates of localities from Islamic sources*; Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften an der Johann Wolf gang Goethe-Universität, Frankfurt; 723 p.
- King D.A. (2014): *World-maps for finding the direction and distance to Mecca*; Brill, 638 p.
- Mercier E. (2020a): Mathematical geography in the western Islamic world: geographical coordinates of localities in the al-Maghreb and al-Andalus localities (9th-18th centuries). *Suhayl*, 18, p. 25-50
- Mercier E. (2020b): 'Meridians of reference and mathematical geography in the Medieval Muslim West (9th-16th centuries)', *e-Perimetron*, 15, pp. 98-113.
- Nallino C.A (1894) : Le tabelle geografiche d'al-Battani tradotte ed annotate, *Cosmos*, serie II, vol. XII. VI, pp. 161-183.
- Nallino C.A. (1899-1907): *Al-Battānī sive Albatēnii Opus astronomicum. Ad fidem codicis Escuri-alensis arabice editum*, Pubblicazioni del Reale osservatorio di Brera in Milano, n. XL, pte I-III, Mi-lan, Hoepli Casa Editrice, 1899-1907 (3 vol.).
- Nallino C.A. (1939): Al-Ḥuwārisīmī e il suo rifacimento della Geografia di Tolomeo, *Raccolta di scritti editi e inediti*, V, Rome: Istituto per l'Oriente: 458–532.
- Miquel A. (1997) : La géographie – In : *Histoire des sciences arabes*, vol. 3, p. 55-71
- Pellat, Ch. (1986): «(Al)-Kubba»; *Encyclopedia of Islam*; 2nd edition, vol. 5 - 1, p. 297.
- Pinto K.C. (2016): *Medieval Islamic maps, an exploration*; University of Chicago Press; 406 p.
- Rapoport Y. (2020): *Islamic maps*; Bodleian Library ed., 192 p.
- Robles Macías L.A. (2014): The longitude of the Mediterranean throughout history: facts, myths and surprises; *e-Perimetron*, 9, 1: 1-29.
- Samsó, J. (2007): «Ibn al-Bannā': Abū al-'Abbās Aḥmad ibn Muḥammad ibn 'Uthmān al-Azdī al-Marrākushī»; *Biographical Encyclopedia of Astronomers*, Springer, p. 551 - 52.
- Savage-Smith E. & Rapoport Y. (2014): *An Eleventh-Century Egyptian Guide to the Universe: The Book of Curiosities*. (Islamic Philosophy, Theology and Science.) Leiden: Brill, 698 p.

- Sédillot, J.J. (1834) : *Traité des instruments astronomiques des Arabes composé au treizième siècle par Aboul Hassan Ali, de Maroc intitulé «collection des commencements et des fins»* publié par Louis Amélie Sédillot, à l'Imprimerie Royale. Paris
- Sezgin, F. (2000 - 2007): *Mathematical geography and cartography in Islam and their continuation in the Occident*, v. 1 issued in 2005; v. 2. issued in 2007; v. 3 issued in 2000. German edition issued as v. 10-12 of Sezgin's *Geschichte des arabischen Schrifttums*. Frankfurt am Main: Institute for the History of Arabic-Islamic Science.
- Schoy C. (1924): *The Geography of the Moslems of the Middle Ages*; *Geographical Review*, 14/2, pp. 257-269.
- Talbert R.J.A. (2000): *Barrington Atlas of the Greek and Roman World*, Princeton, Princeton University Press, 2000.
- Tibbetts, G.R. (1992): «The Beginnings of a Cartographic Tradition; Cartography in the Traditional Islamic and South Asian Societies», *History of Cartography*, The University of Chicago Press; Volume ii- 1, p. 90 - 108.
- von Mzik H. (1926): *Das Kitāb šūrat al-arḍ des Abū Ġa'far Muḥammad Ibn Mūsā al-Huwārizmī, by Muḥammad Ibn-Mūsā al-Huwārizmī*; Leipzig: Otto Harrassowitz, 44 + 162 p.
- Vernet, J. (1952): *Contribucion al estudio de la labor astronómica de Ibn al-Bannā'*. Tetuán. 219 p.
- Zagorski B.R. (2012) : Late appearance of Early Arab Cartography. A 19th C. manuscript map by Az-Zayyani : its toponymy and its vision of the World. *Rocznik Orientalistyczny*, LXV, p. 48-61.