



UNION MATHEMATIQUE AFRICAINE

COMMISSION D'HISTOIRE
DES MATHEMATIQUES EN AFRIQUE

BULLETIN de l'AMUCHMA
n° 15

Les mathématiques dans le Maghreb médiéval

Ahmed DJEBBAR

INTRODUCTION

Le texte que nous présentons ici est la première partie d'une étude qui tente de présenter les aspects essentiels de l'activité mathématique dans le Nord de l'Afrique à partir du IX^e siècle. L'abondance de la matière nous a contraint de reporter à un prochain numéro du Bulletin l'étude consacrée aux activités mathématiques en Egypte au cours de la même période. L'ensemble du travail, lorsqu'il sera achevé, constituera le second volet de l'étude "*Recherches récentes sur l'Histoire des Mathématiques en Afrique : un panorama*", par A. Djebbar et P. Gerdes, et dont le premier volet a été déjà publié [GERDES 1992 : 3-32, 1994].

Ce travail n'est qu'une première ébauche qui a besoin d'être complétée par la présentation de certaines activités qui ont abondamment utilisé les différentes disciplines mathématiques et qui étaient parfois considérées comme plus importantes qu'elles. Il s'agit essentiellement de l'Astronomie, de l'Astrologie et de la Science des partages successoraux ou Science des héritages. Nous nous sommes contenté d'évoquer certains de leurs aspects ou certains auteurs qui s'y sont particulièrement distingués en espérant les traiter plus complètement dans un travail ultérieur.

Avant toute chose, et pour éviter d'éventuelles incompréhensions ou ambiguïtés, il nous a semblé utile de faire quelques remarques au sujet de la terminologie qui sera utilisée dans les différentes parties de cette étude.

Il nous faut tout d'abord préciser ce que nous entendons par "*tradition scientifique*". Lorsqu'il s'agit du contenu des activités scientifiques, et plus particulièrement mathématiques, qui ont eu lieu dans le cadre de la civilisation arabo-islamique, il ne nous est pas possible de parler d'une tradition spécifique au Maghreb (par opposition à celle de l'Espagne musulmane ou à celle de l'Orient). Nous ne pouvons en fait parler que d'une seule grande tradition, celle des Mathématiques arabes - c'est-à-dire celles qui ont été pensées, écrites et enseignées en langue arabe (appelées aussi Mathématiques des pays d'Islam) -, qui s'est développée en Orient dès la fin du VIII^e siècle, et qui a été partiellement transmise aux villes de l'Occident musulman et d'Asie centrale, puis plus tard à l'Europe du Sud, par l'intermédiaire des traductions (essentiellement latines et hébraïques). Cette tradition a été assimilée, revivifiée et enrichie par les milieux scientifiques des différents pays d'Islam qui lui ont donné, parfois, certaines empreintes spécifiques au niveau de telle ou telle orientation de la recherche et de l'enseignement, comme au niveau de l'agencement du contenu des ouvrages, de la terminologie, ou de la classification des disciplines étudiées. Mais, à notre connaissance, ce processus interne de différenciation n'a pas abouti à l'émergence, au niveau local ou régional, d'une tradition mathématique nouvelle caractérisée par ses concepts et ses paradigmes propres. Les traditions scientifiques qui sont évoquées dans cette étude le sont donc dans un sens externaliste qui tient compte de la pratique scientifique en relation avec son environnement.

La même remarque s'applique au contenu des mathématiques produites ou enseignées dans chacune des cinq grandes régions qui constituaient, au moyen âge, le Nord de l'Afrique, c'est à dire le Maghreb Extrême, le Maghreb Central, le Maghreb Oriental qu'on appelait alors

Ifriqyā, l'Égypte et la vaste zone subsaharienne de confession musulmane qui portait alors le nom de *Bilād as-Sūdān* [Pays du Soudan]. L'analyse des textes scientifiques qui nous sont parvenus ne nous permet pas de parler de spécificités régionales au niveau de la matière elle-même et de l'évolution de son contenu. Par contre nous observons, suivant les époques, des différences notables entre ces régions, au niveau du nombre de mathématiciens ou de leurs ouvrages, de la vitalité de telle ou telle discipline enseignée, du dynamisme des différents foyers scientifiques de chacune de ces régions.

Il nous faut dire aussi ce que nous entendons ici par "*mathématiciens maghrébins*". Dans les ouvrages bio-bibliographiques, en particulier ceux qui ont été rédigés par des auteurs orientaux, on trouve un certain nombre de savants, de poètes et d'écrivains qui portent le surnom de "*maghrébin*" sans qu'ils soient originaires du Maghreb. C'est le cas, par exemple, des savants originaires de l'Espagne musulmane. C'est également le cas de ceux dont les parents directs sont originaires de l'Occident musulman mais qui ont grandi ou qui se sont formés en Orient. Inversement, il y a des personnes dont l'origine n'est pas maghrébine mais qui ont joué un rôle dans l'activité scientifique du Maghreb. Ainsi, pour prendre l'exemple des mathématiciens, il faut préciser que seule une catégorie d'entre eux est représentative de la production mathématique du Maghreb. Il s'agit de ceux qui y ont séjourné une période donnée de leur vie et qui, par leur enseignement ou par leur production, ont contribué au développement ou la pérennisation d'une activité mathématique locale ou régionale. Comme exemple de ce type de savants, on peut citer al-Qaṭrawānī (XV^e s.), qui est originaire d'Égypte et qui a vécu un certain temps à Tunis où il a écrit un de ses livres que nous évoquerons plus loin [LAMRABET 1981 : 41-91; DJEBBAR 1986a : 118-19; HADFI 1989, 1992 : 138-39].

Pour les autres, on peut les classer en deux catégories : la première regroupe tous ceux qui étaient originaires du Maghreb et qui l'ont quitté pour s'installer dans une autre région de l'Afrique (comme l'Égypte ou les régions subsahariennes du continent). Parmi les représentants de cette catégorie, il y a al-Ḥasan al-Murrākushī, un des plus grands spécialistes de l'Astronomie au XIII^e siècle, qui a vécu essentiellement en Égypte [SEDILLOT 1834-35, 1844; SOUSSI 1982; MURRĀKUSHĪ 1984].

La seconde catégorie regroupe tous ceux qui sont nés au Maghreb ou qui en sont originaires mais qui se sont, en réalité, formés dans des villes de l'Orient ou de l'Espagne musulmane et qui y ont passé la plus grande partie de leur vie. L'un des représentants les plus éminents de cette catégorie est as-Samaw'al al-Maghribī (m. 1175) qui est né à Bagdad dans une famille juive originaire du Maghreb Extrême et plus précisément de Fez [ANBOUBA 1970-80]. Ses contributions majeures, qui concernent la théorie des polynômes et les fractions décimales, ne semblent pas avoir été connues par les mathématiciens maghrébins des XII^e-XIV^e siècles [RASHED & AHMAD 1972; RASHED 1984].

Comme ces mathématiciens ou astronomes n'ont participé, en aucune manière, à une activité scientifique au Maghreb et qu'ils n'ont pas été des vecteurs de cette activité, nous n'avons pas jugé utile d'exposer, ici, leurs différentes contributions.

NAISSANCE ET PREMIERS DEVELOPPEMENTS DES ACTIVITES MATHÉMATIQUES AU MAGHREB (IX^e-XI^e S.)

Compte tenu des liens économiques, politiques et culturels très étroits qui se sont tissés entre le Maghreb et l'Espagne musulmane tout au long du moyen-âge, et compte tenu de l'importance quantitative et qualitative de la transmission de la production scientifique de chacune de ces deux régions vers l'autre, il nous a semblé nécessaire de rappeler brièvement la genèse et les aspects les plus importants du développement de l'activité mathématique dans les villes de l'Espagne musulmane. Cela pourrait également aider le lecteur à mieux apprécier les grandes orientations de l'activité mathématique au Maghreb en les situant dans un contexte culturel et scientifique plus large mais plus naturel pour l'époque, c'est à dire celui de l'Occident musulman.

En effet, la période qui s'étend de la fin du VIII^e siècle à la fin du XI^e, est caractérisée par le développement, au Maghreb et dans l'Espagne musulmane, de deux traditions scientifiques plus ou moins liées entre elles et animées par des savants qui, au delà des clivages sociaux et des différences de statut ou de religion, étaient relativement unis à la fois par le mode de vie de la cité islamique et par l'environnement culturel et scientifique qui s'y était constitué à la faveur des différents apports humains et des multiples contacts avec les foyers scientifiques de l'Orient musulman [VERNET 1978; VERNET & SAMSO 1981; SAMSO 1992].

Cela dit, il faut tout de suite noter que la naissance et les premiers pas des activités scientifiques dans l'Espagne musulmane et au Maghreb ne sont pas bien connus. En effet, et pour nous limiter à notre discipline, on doit reconnaître que les témoignages relatifs au début des activités mathématiques dans ces deux régions de l'Occident musulman sont rares et peu précis. Parlant des activités scientifiques durant la période qui suivit les conquêtes musulmanes en Espagne, le biobibliographe du XI^e siècle, Šā'id al-Andalusī, nous dit que "*le pays resta indifférent à toutes les sciences, sauf à celles du Droit et de la langue arabe, jusqu'au jour où le pouvoir passa définitivement aux mains des Umayyades*", c'est à dire vers le milieu du VIII^e siècle [ŠĀ'ID 1987 : 120]. De son côté, Ibn Juljul, un autre biobibliographe andalou qui a vécu au X^e siècle, laisse entendre que, jusqu'à l'époque du quatrième calife omeyyade, °Abd ar-Raḥmān II (826-852), les sciences médicales, philosophiques et mathématiques n'avaient pas encore de représentants éminents. Mais, en disant cela, cet auteur confirme implicitement l'existence d'hommes de science, en sous-entendant peut-être qu'ils n'avaient pas encore atteint le niveau de leurs collègues d'Orient [IBN JULJUL 1955 : 76].

Quoi qu'il en soit, il nous paraît raisonnable de penser que, durant la période d'installation et de consolidation du pouvoir musulman dans les premières villes de l'Espagne et du Maghreb, ce sont la Médecine et le Calcul qui ont été les premières disciplines scientifiques à avoir bénéficié d'un enseignement puis de publications d'ouvrages et ce pour répondre aux besoins de certaines franges aisées de la société des villes ou aux sollicitations des juristes

pour la résolution de certains problèmes comme ceux qui sont liés à l'arpentage des terres ou à la répartition des héritages.

La tradition andalouse

En ce qui concerne l'Espagne musulmane, il semble que dès le début du IX^e siècle, les enfants des princes, des dignitaires ou des gens aisés, ont bénéficié d'un enseignement scientifique utilisant les premières copies des traductions des ouvrages grecs et indiens, faites dans les foyers du centre de l'empire, et peut-être même les copies des premiers livres arabes d'enseignement qui avaient commencé à paraître à Bagdad, dès la fin du VIII^e siècle. Ce fut peut-être le cas des enfants des familles marchandes et princières, en particulier ceux de °Abd ar-Raḥmān II [IBN SA'ĪD 1978 : I, 45]. On sait aussi que, devenu calife, ce dernier participera à son tour au soutien et à la dynamisation des activités scientifiques en finançant la constitution d'une importante bibliothèque et en l'alimentant d'ouvrages achetés en Orient. Ces initiatives califales et probablement d'autres initiatives privées, dont il ne nous est pas parvenu de témoignages précis, n'ont pu que favoriser un développement quantitatif et qualitatif des activités scientifiques dans les principales villes de l'Espagne musulmane. Quoi qu'il en soit, il semble que ce soit à cette époque, c'est à dire vers le milieu du IX^e siècle, que des foyers scientifiques conséquents se mirent à exister par eux-mêmes, à Cordoue et dans d'autres cités comme Tolède, Séville, Saragosse et Valence, qui connaissaient déjà une relative prospérité économique [ŠĀ'ID 1987 : 122]. C'est d'ailleurs à cette période que se rattachent les premiers scientifiques dont les biobibliographes nous ont transmis les noms et parfois quelques informations sur leur profil ou sur leurs activités [IBN BUSHKUWĀL 1966; AḌ-ḌABBĪ 1884; IBN AL-ABBĀR 1886].

Durant le dernier tiers du IX^e siècle et tout au long du X^e, les activités d'enseignement et de recherche, dans les différents domaines des mathématiques, vont connaître une plus grande impulsion grâce au mécénat des deux grands califes omeyyades du X^e siècle, °Abd ar-Raḥmān III (912-961) et son fils al-Ḥakam II (961-976). On voit ainsi se constituer une véritable tradition de recherche autour de professeurs de haut niveau, comme Maslama al-Majrīṭī (m. 1007), qui a écrit des ouvrages de mathématique et d'astronomie rivalisant avec ceux qui étaient produits en Orient à la même époque, et on voit émerger un nombre de plus en plus grand de jeunes chercheurs, comme Ibn as-Samḥet az-Zahrāwī, qui domineront les activités scientifiques de la première moitié du XI^e siècle et dont les livres feront autorité à la fois en Espagne et au Maghreb [SEZGIN 1974 : 334-35, 355-56].

Sur le plan interne à la tradition scientifique, on ne possède pas toujours de témoignages directs et précis sur la nature et le contenu des échanges qui ont eu lieu, pendant cette période, entre l'Orient et l'Occident d'une part et entre l'Espagne musulmane et le Maghreb de l'autre. Mais, l'analyse des textes mathématiques qui nous sont parvenus permet de dire que les étudiants, les enseignants et les chercheurs ont disposé, dans un premier temps, des traductions des textes fondamentaux grecs, comme les *Eléments* d'Euclide, *l'Almageste* de

Ptolemee, *les Coniques* d'Apollonius, *la Sphère et le cylindre* d'Archimède, ainsi que d'autres ouvrages de moindre envergure mais essentiels à la formation d'un futur mathématicien ou d'un futur astronome, comme *les Données* d'Euclide, *les Lemmes* d'Archimède, *les Sphériques* de Menelaüs. Dans un second temps (ou peut-être simultanément pour ce qui est de l'Algèbre), on a étudié certains traités de savants arabes d'Orient, comme le *livre sur le calcul indien* et le *Livre d'algèbre* d'al-Khwārizmī (m. 850), le *Traité de la figure sécante* et le *Traité des nombres amiables* de Thābit Ibn Qurra (m. 901), le livre des Banū Mūsā (IX^e s.) sur *La mesure des figures planes et sphériques*, le *Livre d'algèbre* de l'égyptien Abū Kāmil (m. 930), ainsi que d'autres écrits de la même époque, comme *l'Epître sur la proportion et la proportionnalité* et *l'Epître sur les arcs semblables* d'Aḥmad Ibn ad-Dāya (m. 944), un autre mathématicien d'Egypte [SEZGIN 1974 : 288-90].

La tradition maghrébine

En ce qui concerne le Maghreb, les témoignages qui nous sont parvenus sur les activités scientifiques, entre le IX^e et le XI^e siècle, nous autorisent à penser que les débuts des mathématiques, dans cette région du Nord de l'Afrique, ont bien eu lieu en Ifriqiya et plus précisément à Kairouan, dès la fin du VIII^e siècle et que ces activités sont restées, pendant longtemps confinées dans les limites de cette région. Quelques noms de savants nous sont parvenus, comme celui de Yaḥyā al-Kharrāz [IBN TAMĪM : 90-91] et celui de son élève Yaḥyā al-Kīnānī (828-901), l'auteur du premier livre maghrébin de ḥisba (qui traite des règles régissant les transactions commerciales dans les marchés) [IBN AL-FARADĪ 1966 : II, 183]. Les sources maghrébines citent également Shuqrān Ibn ʿAlī qui était un spécialiste en Calcul et en Science des héritages et qui est peut-être le premier maghrébin à avoir rédigé un livre sur les partages successoraux [MAKHLŪF 1930 : n° 31]. Selon le témoignage d'Ibn Khayr (XII^e s.), le contenu de ce livre était encore enseigné au XII^e siècle, à Bougie, une métropole scientifique du Maghreb central [ZERROUKI 1995 : 15].

Pour le IX^e siècle, un seul nom de mathématicien nous est parvenu. Il s'agit d'Abū Sahl al-Qayrawānī dont les parents étaient originaires de Bagdad. C'est aussi le premier mathématicien maghrébin connu dont le titre de l'un de ses traités nous soit parvenu. Il s'agit du *Kitāb fī l-ḥisāb al-hindī* [Livre sur le calcul indien]. Comme son titre l'indique clairement, ce livre s'inscrit dans la nouvelle tradition arithmétique arabe, d'origine indienne, qui avait été inaugurée à la fin du VIII^e siècle ou au début du IX^e par les manuels des mathématiciens d'Orient.

Il semble que ce soit le rôle éminent joué par Kairouan dans les débats théologiques, à l'époque aghlabide (800-910), qui a permis d'attirer vers l'Ifriqiya de nombreux intellectuels d'Orient, comme Abū Sahl et, parmi eux, des hommes de science versés dans les techniques

arithmétiques et géométriques qui pouvaient servir en particulier à résoudre des problèmes d'arpentage ou d'héritage.

Comme dans les autres régions des pays d'Islam, le mécénat en faveur des activités scientifiques a existé au Maghreb, entre le IX^e et le XI^e siècle, et il a fonctionné à l'image de celui des grandes métropoles d'Orient : achat de livres, financement de copies de manuscrits, gratification de savants, constructions d'écoles ou d'institutions. Cela n'est pas étonnant quand on connaît les liens qui se sont tissés entre le califat de Bagdad et la dynastie aghlabide qui a gouverné l'Ifriqiya jusqu'au début du X^e siècle, et quand on sait que les princes de cette dynastie ont imité à la fois le modèle de gouvernement des califes mais également leurs initiatives en faveur de la science et de la culture en général.

Mais, les seules informations dont nous disposons, au sujet de ce mécénat, concernent le *Bayt al-ḥikma* [Maison de la Sagesse] fondée par Ibrāhīm II (875-902) et qui porte d'ailleurs le même nom que la fameuse institution créée par le calife abbasside al-Ma'mūn (813-833) qui a joué un grand rôle dans le phénomène de traduction des oeuvres scientifiques grecques et indiennes [°ABD AL-WAHHĀB 1956 : 253-72]. Cette institution, qui aurait survécu à son fondateur comme centre scientifique, jusqu'à l'avènement de la dynastie fatimide, aurait accueilli des mathématiciens, des astronomes et des astrologues, comme aṭ-Ṭallā' [ZUBAYDĪ 1954 : 164] et °Uthmān aṣ-Ṣayqal [°ABD AL-WAHHĀB 1965-72 : I, 249-50, 252-54].

Les activités mathématiques au Maghreb, durant le X^e siècle sont très mal connues. Il semble que le mécénat initié par les Aghlabides, au IX^e siècle, ait été poursuivi et qu'il ait profité aux Mathématiques et à l'Astronomie, en particulier au cours des deux premières décennies du règne du khalife fatimide al-Mu'izz (953-975) [NU°MĀN : 91]. Mais, rien ne nous est parvenu comme documents scientifiques pouvant nous renseigner sur le contenu de ce qui a été produit ou enseigné à cette époque. Les biographes n'ont retenu que quelques noms de personnes qui se sont fait connaître par leur activité en mathématique ou par leur intérêt pour cette discipline. A titre d'exemples, on peut citer al-°Utaqī al-Ifriqī (m. 955) [SUTER 1900 : 70-71], Ya°qūb Ibn Killīs (m. 990) et al-Huwarī (m. 1023) [ZIRIKLĪ 1980 : VIII, 202-3, 158-59].

Nous sommes relativement mieux informés sur les activités mathématiques du XI^e siècle. Mais nos connaissances restent encore très fragmentaires. Certains savants de cette période sont bien connus. C'est le cas d'Ibn Abī r-Rijāl (m. 1034-35) qui a publié des ouvrages en Mathématique et en Astronomie, qui ne nous sont pas parvenus, et qui s'est également intéressé à l'Astrologie. C'est d'ailleurs grâce à cette dernière discipline qu'il sera connu en Europe à partir du XII^e siècle puisque son livre *al-Bārī °fī aḥkām an-nujūm* [Le livre brillant sur les jugements des étoiles] sera traduit par Constantin l'Africain [BOUYAHYA 1972 : 83-88]. C'est également le cas d'Abū ṣ-Ṣalt (m. 1134), un savant originaire d'Espagne, qui passera la plus grande partie de sa vie en Egypte puis en Ifriqiya et qui publia des ouvrages relatifs à la Géométrie, à l'Astronomie et à la Logique [DJEGBAR 1988b : 61-66]. D'autres

mathématiciens sont moins connus, comme [°]Abd al-Mun[°]im al-Kindī (m. 1043-44) et Ibn [°]Atīya al-Kātib (c.a. 1016) [DABBAGH 1902 : III, 228; BOUYAHYA 1972 : 146]. Nous savons qu'ils se sont occupés de Géométrie et d'Arithmétique, mais nous ignorons encore tout de leurs liens avec les différents foyers scientifiques de leur époque et, en particulier, de la circulation et de l'impact de leurs écrits mathématiques dans les villes du Maghreb.

LES MATHÉMATIQUES AU MAGHREB A L'EPOQUE ALMOHADE (XII^e-XIII^e S.)

L'importance du XII^e siècle dans l'histoire politique et économique du Maghreb a été mainte fois soulignée par les spécialistes. Il est donc raisonnable de penser que cette importance s'étend aux autres domaines de la vie sociale. Mais, l'histoire culturelle et scientifique de cette période reste encore, malgré quelques contributions, un vaste champ inexploré. Pour prendre l'exemple des mathématiques, on est bien obligé de constater, au vu des résultats de la recherche, que, si l'on excepte deux ou trois petits poèmes algébriques ou arithmétiques que nous évoquerons plus loin, seuls quatre ouvrages (dont un incomplet) nous sont parvenus. Il faut d'ailleurs préciser que la découverte et l'analyse de certains d'entre eux ne datent que de quelques années.

Les auteurs de ces ouvrages sont, dans l'ordre chronologique, al-Ḥaṣṣār (XII^e s.), Ibn al-Yāsamīn (m. 1204) et Ibn Mun[°]im (m. 1228), auxquels il faut ajouter un quatrième, al-Qurashī (m. 1184), qui a eu une influence aussi importante que ces derniers à travers des écrits qui ne nous sont malheureusement pas parvenus mais sur le contenu desquels nous avons quelques informations.

L'importance de ces quatre savants tient à plusieurs raisons : en premier lieu, et indépendamment de leurs origines, ils peuvent être considérés comme des mathématiciens du Maghreb dans la mesure où ils semblent, tous les quatre, y avoir séjourné et publié certains de leurs ouvrages mathématiques, même si certains d'entre eux se sont formés, totalement ou partiellement, dans une ville de l'Espagne musulmane. En second lieu, ce sont les premiers mathématiciens de cette partie du Nord de l'Afrique dont le contenu de certains de leurs écrits nous soit parvenu, nous permettant ainsi d'avoir des informations directes sur des aspects importants de l'activité mathématique dans cette région. En troisième lieu, on peut considérer les ouvrages écrits à cette époque comme les témoins directs de deux phénomènes étroitement liés. Le premier est la diffusion, à une échelle plus grande qu'auparavant, d'une partie de la tradition mathématique andalouse vers le Nord de l'Afrique, par l'intermédiaire des villes du Maghreb, comme Sebta, Fez et Marrakech pour le Maghreb Extrême, Bougie pour le Maghreb Central et Tunis pour Ifriqiya. Le second phénomène est la redynamisation de l'activité d'enseignement et de recherche au Maghreb, en particulier grâce au mécénat des premiers califes almohades puis à celui des dynasties qui se sont partagé leur empire et qui se sont efforcées de poursuivre leur mécénat en faveur des théologiens, des poètes, des écrivains et des scientifiques.

La contribution d'al-Qurashī

Nous savons peu de choses sur la vie d'Abū l-Qāsim al-Qurashī, sur sa formation et sur sa production scientifique. Ce savant, qui était originaire de Séville, en Espagne, a vécu une période de sa vie à Bougie où il est mort en 1184. Les biographes qui l'ont évoqué le considèrent comme un spécialiste en Algèbre et en Science des héritages (en plus de sa spécialisation dans certaines sciences religieuses) [ZERROUKI 1995 : n° 5, 10-19].

En Algèbre, al-Qurashī est connu pour son commentaire au livre du grand mathématicien égyptien Abū Kāmil (m. 930). Ce commentaire n'a pas encore été retrouvé mais son importance est confirmée par l'historien Ibn Khaldūn (m. 1406) qui le considère comme l'un des meilleurs traités qui ait été écrit sur le livre d'Abū Kāmil [IBN KHALDŪN 1967 : 899], et c'est là un jugement de connaisseur car Ibn Khaldūn a eu une excellente formation mathématique et on lui attribue même un écrit de jeunesse dans cette discipline [DJEJBAR 1988b : 68-69]. Quant au contenu du traité d'al-Qurashī, nous en avons trouvé des passages intéressants dans le livre d'Ibn Zakariyā' (m. 1404). Ces quelques éléments nous permettent de dire que cet ouvrage d'al-Qurashī n'était pas un simple commentaire d'un traité d'algèbre célèbre à son époque. On y trouve en effet quelques nouveautés d'abord au niveau de l'exposé puisque al-Qurashī commence par la présentation des objets et des opérations de l'Algèbre avant d'aborder la résolution des équations canoniques puis la démonstration de l'existence des solutions de ces équations. Dans ces deux chapitres, on constate qu'al-Qurashī se distingue de ses prédécesseurs dans la classification des six équations canoniques et dans les démonstrations [DJEJBAR 1980 : 8-10, 1986a : 106-7]. Cet ouvrage continuera à être étudié et enseigné au Maghreb jusqu'au XIV^e siècle, comme le confirme Ibn Zakariyā'. On peut même supposer que c'est l'importance de ce livre qui a amené Ibn al-Bannā (m. 1321) à rédiger, quelques décennies plus tard son *Kitāb al-uṣūl wa l-muqaddimāt fi l-jabr* [Livre des fondements et des préliminaires en Algèbre] [DJEJBAR 1990c].

Dans le domaine des héritages, al-Qurashī est connu pour avoir mis au point une méthode nouvelle basée sur la décomposition des nombres en facteurs premiers pour la réduction au même dénominateur des fractions qui interviennent dans la répartition d'un héritage donné [ZERROUKI 1995 : n°6]. Sa méthode a été très vite appréciée par les mathématiciens qui rédigeront des manuels pour l'expliquer et pour en montrer l'utilisation à travers des problèmes concrets d'héritage. Parmi ces mathématiciens, on peut citer al-^cUqbānī (m. 1408) et al-Qalaṣādī (m. 1486) [HARBILI 1996 : n°7]. Cela dit, et malgré l'efficacité de la méthode d'al-Qurashī, la majorité des praticiens du Droit a continué, et continue aujourd'hui encore, à utiliser l'ancienne méthode [LAABID 1990].

La contribution d'al-Ḥaṣṣār

A ce jour, nous n'avons trouvé aucune biographie d'al-Ḥaṣṣār ni aucun élément précis concernant ses origines et ses dates de naissance et de mort. Les seules informations dont nous disposons, et qui nous sont fournies soit par Ibn Khaldūn soit par des mathématiciens maghrébins postérieurs ne concernent que sa production mathématique. Il semble que ce mathématicien était également connu comme lecteur du Coran et spécialiste des héritages et qu'il avait un rang élevé puisqu'il portait le titre de *Shaykh al-jamā'ca* [Chef de la Communauté]. On peut également supposer qu'il a vécu un certain temps ou qu'il a exercé ses activités à Sebta (dans le Maghreb Extrême), compte tenu des liens qu'il semble avoir eu avec les mathématiciens de cette ville.

Deux écrits d'al-Ḥaṣṣār nous sont parvenus. Le premier, intitulé *Kitāb al-bayān wa t-tadhkār* [Livre de la démonstration et du rappel] est un manuel de calcul traitant de la numération, des opérations arithmétiques sur les entiers et sur les fractions, de l'extraction de la racine carrée exacte ou approchée d'un nombre entier ou fractionnaire et de la sommation des suites d'entiers (naturels, pairs ou impairs), de leurs carrés et de leurs cubes. Malgré son contenu classique au regard de la tradition mathématique arabe, ce livre revêt une certaine importance pour l'histoire des mathématiques dans le Nord de l'Afrique et ce pour trois raisons : en premier lieu, et malgré le développement des recherches, ce manuel reste le plus ancien ouvrage de calcul représentant à la fois la tradition du Maghreb et celle de l'Espagne musulmane. En second lieu, ce livre est le premier dans lequel on a trouvé une écriture symbolique des fractions, qui utilise le trait horizontal et les chiffres de poussière c'est à dire les ancêtres des chiffres que nous utilisons aujourd'hui (et qui sont, pour certains d'entre eux, tout à fait identiques aux nôtres) [WOEPCKE 1858-59 : 264-75]. Il semble d'ailleurs que l'utilisation du trait de fraction s'est très vite généralisé dans l'enseignement mathématique au Maghreb, ce qui expliquerait que Fibonacci (m. après 1240) l'ait utilisé dans son *Liber Abbaci*, sans faire aucune remarque particulière à son sujet [DJEJBAR 1980 : 97-99; VOGEL 1970-80]. En troisième lieu, ce manuel est le seul ouvrage de calcul maghrébin connu qui ait circulé dans les foyers scientifiques de l'Europe du Sud puisque Moses Ibn Tibbon en a réalisé une traduction hébraïque, en 1271.

Le second ouvrage d'al-Ḥaṣṣār est intitulé *al-Kitāb al-kāmil fī sinā'at al-'adad* [Le livre complet sur l'art du nombre]. Seule la première partie de cet ouvrage, qui occupe 117 folios, a été retrouvée et identifiée en 1986 [ABALLAGH & DJEJBAR 1987 : 147-58]. Son contenu reprend des thèmes de la partie du premier livre relative aux entiers, en les développant, et expose des chapitres nouveaux comme celui de la décomposition d'un nombre en facteurs premiers, celui des diviseurs et des multiples communs ainsi que l'extraction de la racine cubique exacte d'un nombre entier. La seconde partie de l'ouvrage, qui n'a pas encore été retrouvée, mais dont nous avons pu reconstituer une partie des titres de chapitres, est consacrée aux opérations sur les fractions, à la sommation des différentes catégories d'entiers

et à l'exposé des algorithmes permettant de calculer les nombres parfaits, déficients, abondants et amiables.

La question naturelle qui se pose à propos de ces deux livres concerne leur lien avec une éventuelle tradition mathématique régionale, ainsi que la nature de ces liens. Malheureusement, et jusqu'à ce jour, aucun ouvrage de Calcul produit en Espagne ou au Maghreb, avant le XII^e siècle, ne nous est parvenu. Mais la référence d' al-Ḥaṣṣār à deux ouvrages andalous du XI^e siècle, aujourd'hui perdus, le *Kitāb al-mu'āmalāt* [Livre des transactions] d'az-Zahrāwī et le *Mudkhal al-'amalī* [Introduction pratique] d'Ibn as-Samḥ, nous permet de dire que, d'une manière ou d'une autre, la tradition arithmétique de l'Espagne musulmane était présente au Maghreb, au XII^e siècle. Cette présence se renforcera plus tard, à la fois par la diffusion directe d'ouvrages andalous traitant d'Algèbre, de Géométrie et d'Astronomie, et par l'utilisation du contenu des ouvrages d'al-Ḥaṣṣār par les mathématiciens maghrébins postérieurs. C'est ce que feront, par exemple, Ibn Mun'īm et Ibn Ghāzī (m. 1513) qui citent explicitement des passages de l'un ou l'autre des deux livres ou qui s'y réfèrent avec précision [ABALLAGH & DJEBBAR 1987 : 152-53].

La contribution d'Ibn al-Yāsamīn

Le troisième représentant de la tradition mathématique maghrébine du XII^e siècle est relativement mieux connu que les deux précédents. D'après ses biographes, sa mère, dont le prénom était Yāsamīn [Fleur de jasmin], était noire (couleur dont il a hérité) et son père était originaire de la tribu berbère des Banū l-Ḥajjāj [IBN SA'ĪD 1945, 42]. On sait aussi qu'il vécut un certain temps à Séville où il s'est probablement perfectionné en Mathématique, avant de revenir au Maghreb et de s'installer à Marrakech qui était alors la capitale de l'empire almohade. Pendant longtemps, ce mathématicien n'était connu que grâce à un écrit mineur de 52 lignes, son *Urjūza fi l-jabr* [Poème sur l'Algèbre] [DJEBBAR 1986a]. Il est fort possible que ce soit le succès de ce poème qui l'ait incité à en écrire un autre du même type, qui traite des racines des nombres et peut-être même un troisième qui résume la méthode de fausse position et dont une copie lui est attribuée [SHAWQI 1987; ZEMOULI 1993; KOUIDRI 1996]. Mais les sources bio-bibliographiques ne disent rien sur ces deux derniers poèmes.

Ces mêmes sources sont également silencieuses au sujet d'un ouvrage du même auteur, intitulé *Talqīh al-afkār bi rushūm ḥurūf al-ghubār* [Fécondation des esprits avec les symboles des chiffres de poussière]. Cet ouvrage est beaucoup plus important que les trois poèmes, tant sur le plan quantitatif que sur le plan qualitatif. En effet, il s'agit d'un livre de plus de 200 folios qui traite à la fois des chapitres classiques de la Science du Calcul et de certains chapitres de Géométrie relatifs au calcul d'aire. C'est d'ailleurs, parmi les ouvrages de l'Occident musulman qui nous sont parvenus, le seul qui regroupe ces deux sujets. Son importance tient également à la nature de ses matériaux et de ses outils mathématiques qui en font un livre original mais tout à fait significatif de cette période de transition où se juxtaposent, avant de

se fondre dans un même moule, trois pratiques mathématiques : celle d'Orient, celle de l'Espagne musulmane et celle du Maghreb [ZEMOULI 1993].

A titre d'exemple, on peut signaler les éléments suivants qui contribuent à la fois à l'originalité de l'ouvrage et à son ancrage dans la grande tradition mathématique arabe des IX^e-XI^e siècles : en Arithmétique, et contrairement à la tradition maghrébine qui va se perpétuer à partir du XIV^e siècle, Ibn al-Yāsamīn traite d'abord la multiplication et la division avant l'addition et la soustraction. Cette démarche que l'on retrouvera plus tard chez Ibn Zakariyā', semble trouver son origine dans la pratique mathématique de l'Espagne musulmane [GUERGOUR 1992].

Dans le domaine des fractions, les remarques et les suggestions d'Ibn al-Yāsamīn, à propos de la lecture de certaines expressions, montrent que, en dehors de la barre de fraction, le reste du symbolisme n'était pas encore définitivement fixé à son époque. Ce livre est également le plus ancien, à notre connaissance, qui contient à la fois les objets et les opérations de l'Algèbre qui permettent l'écriture et la résolution des équations ou la manipulation abstraite des polynômes. On constate d'ailleurs deux choses au sujet de ce symbolisme : d'abord le silence d'Ibn al-Yāsamīn à propos de cette pratique comme s'il utilisait des outils introduits par d'autres mathématiciens avant lui, puis la ressemblance totale des symboles intervenant dans son livre avec ceux que l'on trouve dans les ouvrages des XIV^e-XV^e siècles, comme ceux d'Ibn Qunfudh (m. 1407), d'al-Qalasādī (m. 1486) ou d'Ibn Ghāzī. Si ce fait était confirmé par d'autres témoignages, on serait alors en présence d'une pratique symbolique beaucoup plus ancienne qu'on ne le croyait [WOEPCKE 1854b; DJEBBAR 1980 : 41-54; GUERGOUR 1990; ZEMOULI 1993].

Quant à la présence de la Géométrie dans un ouvrage de la Science du Calcul, cela ne constitue pas un fait exceptionnel au regard de la tradition mathématique arabe prise dans son ensemble, dans la mesure où des chapitres semblables (c'est à dire traitant de problèmes de géométrie métrique) ont été insérés déjà dans des ouvrages rédigés en Orient, comme *at-Takmila fī l-ḥisāb* [Le complément en calcul] d'al-Baghdādī (m. 1037) [SAIDAN 1985] ou *al-Kitāb al-Kāfī* [Le livre suffisant] d'al-Karajī (m. 1029) [CHELHOUB 1989].

Malgré cette richesse du *Talqīh* d'Ibn al-Yāsamīn, nous n'avons trouvé aucune référence explicite à ce livre dans les écrits mathématiques maghrébins postérieurs. Cela pourrait s'expliquer de deux manières au moins : la première raison serait une rupture de tradition dont la cause est à chercher à l'extérieur du milieu scientifique de l'époque. Cette hypothèse n'est pas invraisemblable compte tenu, tout d'abord, de la personnalité d'Ibn al-Yāsamīn et de son comportement controversé et vivement critiqué par certains de ses contemporains, et compte tenu, ensuite, de ses liens étroits avec le pouvoir almohade qui sera violemment contesté par la suite, tant sur le plan politique et idéologique que sur le plan culturel [JULIEN 1969 : 92-131; LAROUÏ 1970 : 162-206]. La seconde raison, qui est aussi vraisemblable et qui a pu s'ajouter à la première, est à rechercher dans la pratique mathématique postérieure à Ibn al-

Yāsamīn, pratique qui subira fortement l'empreinte des mathématiciens de Marrakech dont nous parlerons plus loin. On serait alors en présence du même phénomène d'absorption que l'on a déjà observé d'abord en Orient, avec les premiers écrits arithmétiques arabes du IX^e siècle, puis dans l'Espagne musulmane avec des écrits du X^e siècle. Mais, dans l'état actuel de la recherche, il ne nous est pas possible de trancher en faveur de l'une ou l'autre hypothèse.

La contribution d'Ibn Mun'im

Aḥmad Ibn Mun'im, est né à Dénia (sur la côte est de l'Espagne, à proximité de Valence), mais il a passé une grande partie de sa vie à Marrakech. A son époque, Il était considéré comme l'un des meilleurs spécialistes en Géométrie et en Théorie des nombres. A l'âge de 30 ans, il se met à étudier la Médecine qu'il exercera à Marrakech parallèlement à ses activités d'enseignement et de recherche. En Mathématique, Ibn Mun'im aurait publié de nombreux ouvrages, traitant de sujets aussi divers que la Géométrie euclidienne, le Calcul, la construction des carrés magiques, la Théorie des nombres et l'Analyse combinatoire. [IBN 'ABD AL-MALIK 1973 : VI, 59-60]. Mais, un seul de ses écrits nous est parvenu. Il s'agit du *Fiqh al-ḥisāb* [La science du Calcul] dont le titre ne reflète pas la diversité et la richesse du contenu [DJEJBAR 1980, 1983a; LAMRABET 1981].

Avant de parler de ce contenu, il faut signaler l'importance du livre pour l'histoire des activités mathématiques dans l'Espagne musulmane. En effet, l'auteur s'y réfère avec précision à des savants andalous en citant leurs noms, les titres de certains de leurs écrits et parfois même des passages de ces écrits. Ainsi, c'est grâce à lui que nous apprenons l'existence du mathématicien Ibn Ṭāhir et que nous découvrons un autre aspect des activités d'un important géomètre du XI^e siècle, Ibn Sayyid. Nous savions, depuis quelques années, grâce au témoignage de son élève, le philosophe Ibn Bājja (m. 1138), que ce mathématicien avait exploré deux domaines très importants de la Géométrie : celui des intersections de solides dont les bases sont des courbes autres que les courbes coniques, et celui des courbes obtenues par projection de ces intersections de solides sur un plan donné [DJEJBAR 1984a : 84-91; ALAOUI 1983 : 84-87]. Malheureusement, les travaux géométriques d'Ibn Sayyid sont perdus et nous ne savons pas s'ils ont circulé au Maghreb. Ibn Mun'im ne parle pas de ces travaux car son livre ne traite pas de Géométrie, mais il nous informe avec précision sur la contribution d'Ibn Sayyid dans l'étude des nombres figurés.

C'est également grâce à Ibn Mun'im que nous pouvons affirmer la présence, au Maghreb à partir du XII^e siècle du livre d'al-Mu'taman (m. 1085), le *Kitāb al-istikmāl* [Le livre du perfectionnement] qui est consacré essentiellement à la Géométrie mais avec un premier chapitre sur la Théorie des nombres [DJEJBAR 1984a ; HOGENDIJK 1986]. Il semble d'ailleurs que ce soit à partir de la capitale almohade que s'est diffusé cet important ouvrage. Plus tard, Maïmonide (m. 1204) enseignera le contenu du livre d'al-Mu'taman au Caire et peut-être aussi à Fez où il a séjourné un certain temps. Aux XIII^e-XIV^e siècles, certains chapitres de l'ouvrage ont continué à être étudiés dans le Maghreb extrême, en

particulier par Ibn al-Bannā qui s'y réfère explicitement dans sa *Risāla fī t-taksīr* [Epître sur le calcul des aires] et, un peu plus tard, par Ibn Haydūr (m. 1413) [DJEJBAR 1986b].

Quant au contenu du *Fiqh al-ḥisāb*, son analyse montre qu'il ne s'agit pas toujours d'une simple reprise de techniques et de résultats mathématiques antérieurs issus de la tradition andalouse ou transmis par elle. On y trouve en effet des démarches et des résultats nouveaux dont l'origine est à chercher peut-être dans des activités de la capitale almohade ou dans les préoccupations de son milieu intellectuel. D'une manière plus précise, on y découvre, à côté des chapitres classiques sur les opérations arithmétiques, d'autres comme celui sur l'étude des nombres figurés, celui de la détermination des nombres amiables et surtout celui du dénombrement de tous les mots d'une langue utilisant un alphabet donné. C'est d'ailleurs là la contribution la plus importante d'Ibn Muni^cm. Ce dernier ne nous expose pas les raisons qui l'ont motivé dans l'étude de ce type de problème et qui l'on amené à lui consacrer un chapitre de 19 pages qui contient des propositions et des démarches combinatoires importantes qui ne seront redécouvertes, en Europe, qu'au XVI^e et au XVII^e siècle, en particulier par Cardan (m. 1576), Mersenne (m. 1648), Frénicle (m.1675) et Pascal (m.1662) [DJEJBAR 1983a : 25-44]. Mais on peut raisonnablement supposer que c'est la redynamisation des activités linguistiques et grammaticales arabes à Marrakech qui a remis à l'ordre du jour des problèmes de dénombrement. D'autre part, il est raisonnable de penser que sa manière de résoudre ces problèmes combinatoires en utilisant le modèle concret de filaments de soie de différentes couleurs, trouve son origine dans l'environnement industriel ou marchand de Marrakech.

Nous savons qu'Ibn Muni^cm a eu des étudiants et que l'un d'eux, al-Qāḍī ash-Sharīf (m. 1283-84) a écrit un livre, non encore retrouvé, intitulé *al-Qānūn fī l-ḥisāb* [Le canon en Calcul]. Mais, nous ne savons pas si cet élève a intégré dans ce livre, les résultats combinatoires de son professeur ou s'il s'est contenté de les enseigner à ses propres élèves et en particulier au plus brillant d'entre eux, le célèbre Ibn al-Bannā. Quoi qu'il en soit, nous trouvons, chez ce dernier, des préoccupations combinatoires semblables qui ont même abouti à des résultats nouveaux. En effet, dans son petit opuscule, intitulé *Tanbīh al-albāb* [Avertissement aux intelligents], Ibn al-Bannā évoque explicitement une des méthodes d'Ibn Muni^cm, celle du triangle arithmétique, pour dénombrer tous les mots qu'il est possible de prononcer en utilisant les 28 lettres de l'alphabet arabe. Mais, il ne s'arrête pas là puisqu'il apporte trois contributions originales dans ce domaine : la plus importante concerne l'énoncé et la démonstration, pour la première fois à notre connaissance, de la formule des factorielles donnant les combinaisons p à p des n lettres d'un alphabet donné, sans utilisation du triangle arithmétique, résultat qui sera de nouveau établi par Pascal trois siècles plus tard. En second lieu, il établit, lorsque cela est possible, les relations existant entre les nombres figurés de Nicomaque, les combinaisons de n objets p à p et les sommes de certaines suites d'entiers. Enfin, Ibn al-Bannā utilise des techniques ou des démarches de type combinatoire pour résoudre certains problèmes extérieurs aux mathématiques et qui se ramènent à des

dénombrements avec contraintes, comme par exemple la détermination du nombre de lectures possibles d'une phrase donnée, compte tenu des règles de la grammaire arabe, ou du nombre de prières que doit faire un musulman pour compenser l'oubli d'un certain nombre d'entre elles [DJEJBAR 1980 : 67-98].

Au XIV^e siècle, nous ne trouvons pas de résultats nouveaux dans ce domaine chez les commentateurs d'Ibn al-Bannā, mais de simples références à des résultats déjà établis, accompagnés parfois de commentaires. C'est ce que fait Ibn Haydūr dans son livre *at-Tamhīṣ fī sharḥ at-Talkhīṣ* [L'approfondissement du commentaire de l'Abrégé] et dans son manuel de calcul [GUERGOUR 1992]. On trouve également, et c'est aussi important pour la caractérisation de la tradition mathématique maghrébine, la poursuite d'une certaine pratique combinatoire à l'intérieur et à l'extérieur du champ mathématique [DJEJBAR 1980 : 99-112]. Nous n'avons pas encore une connaissance détaillée de cette pratique après le XIV^e siècle, mais les quelques éléments dont nous disposons permettent de penser que c'est là un domaine qui devrait encore faire l'objet d'une étude attentive car il n'a pas encore révélé tous ses secrets. Deux exemples précis nous autorisent à affirmer cela : le premier concerne une allusion rapide au dénombrement des carrés magiques d'un même type, dont on trouve trace dans un manuscrit des *Eléments* d'Euclide copié au Maghreb. C'est pour la première fois, à notre connaissance que ce problème est évoqué d'une manière aussi explicite. Malheureusement, aucune référence à un travail antérieur sur ces dénombrements n'est évoquée par le copiste du manuscrit [Ms. Rabat, Ḥasaniya n° 1101 : f.1a]. Le second exemple concerne le commentaire au livre d'al-Qalaṣādī *Kaṣḥf al-asrār ʿan ḥurūf al-ghubār* [Le dévoilement des secrets relatifs aux chiffres de poussière] réalisé par Ṭfayyash (m. 1914) un théologien du Maghreb central ayant vécu et enseigné à Beni Izguen. Dans le dernier chapitre de son commentaire, il aborde certains aspects combinatoires en se référant implicitement au travail d'Ibn al-Bannā [Ms. Bibl. Béni Izguen : 445-50]. A notre avis, cette évocation n'est pas fortuite et ne pourrait s'expliquer que par la persistance de cette tradition combinatoire qui est née ou qui s'est affirmée à partir des contributions originales d'Ibn Munʿim et d'Ibn al-Bannā puis qui a été entretenue au Maghreb à travers les manuels et les enseignements.

En conclusion de ce chapitre, il nous faut préciser que la présentation relativement détaillée des écrits connus d'al-Qurashī, d'al-Ḥaṣṣār, d'Ibn al-Yāsamīn et d'Ibn Munʿim ne signifie pas que ces écrits étaient les seuls à circuler et à être étudiés aux XII^e-XIII^e siècles. Les informations dont nous disposons démontrent le contraire. En effet, pour la même période, on pourrait évoquer des mathématiciens parfois aussi importants que ceux dont on vient de parler, comme al-Qāḍī ash-Sharīf, l'élève d'Ibn Munʿim à Marrakech, al-Qalʿī (m. 1271) qui a vécu également à Bougie et qui y a enseigné la Science des héritages [ḤAFNĀWĪ 1982 : 495-96], ainsi qu'Ibn Ishāq at-Tūnusī (m. après 1218) connu pour ses travaux en Astronomie [KING 1988]. Malheureusement les écrits mathématiques de ces savants ne nous sont pas parvenus et nous ne pouvons pas spéculer sur leur contenu. Tout au plus peut-on

juger de leur importance à partir de certaines citations de leurs écrits ou de certains témoignages sur leur statut d'hommes de sciences.

LA PRODUCTION MATHÉMATIQUE AU MAGHREB AUX XIV^e-XV^e SIECLES

Dans l'histoire des activités scientifiques au Maghreb, le XIV^e siècle constitue un moment privilégié à la fois pour l'importance quantitative de la production mathématique que l'on peut y observer (au vu des témoignages bibliographiques et des manuscrits qui nous sont parvenus), mais également pour le contenu de cette production et pour l'influence qu'elle aura, durant des siècles, sur l'enseignement des mathématiques dans tout le Nord de l'Afrique et parfois même dans certaines régions subsahariennes.

Dans l'état actuel de nos connaissances concernant cette période de l'histoire scientifique du Maghreb, on peut dire que la majorité de la production mathématique de ce siècle est une reprise, sous forme de commentaires, de résumés ou de développements, d'une partie de ce qui avait été déjà découvert ou assimilé au cours des siècles précédents. Les contributions nouvelles sont en effet exceptionnelles, ce qui ne peut que confirmer, pour les mathématiques, les conclusions auxquelles avait abouti Ibn Khaldūn, dans sa *Muqaddima*, lorsqu'il a évoqué le déclin de certaines activités scientifiques à son époque.

Cette remarque donne plus d'importance au mathématicien que nous allons présenter parce qu'il apparaît à la fois comme un des derniers novateurs de la grande tradition mathématique arabe et comme un des initiateurs d'une nouvelle tradition d'enseignement des mathématiques, basée sur le commentaire, tradition qui va concerner tout le Maghreb et qui va même s'étendre à l'Égypte.

La contribution d'Ibn al-Bannā

Ibn al-Bannā est né à Marrakech en 1256, y a grandi et y a acquis une excellente formation dans plusieurs domaines. Mais il a également vécu et enseigné quelque temps à Fez qui deviendra, après la chute des Almohades, la capitale de la dynastie des Mérinides, et qui essaiera de rivaliser, sur le plan intellectuel, avec Marrakech la seule ville qui a eu le privilège d'avoir été, durant près de deux siècles (1062-1248), la capitale du Maghreb dans sa totalité, en incluant de vastes zones subsahariennes [LAROUÏ 1970 : 147-185]. Les informations que nous possédons montrent qu'une puissante tradition scientifique s'était établie dans cette ville, mais les recherches ne sont pas suffisamment avancées pour pouvoir décrire le contenu de cette tradition, ses liens avec celle d'al-Andalus et le profil des hommes de science qui y ont séjourné.

Pour revenir à Ibn al-Bannā, il faut tout de suite préciser que nous nous trouvons en présence du dernier mathématicien maghrébin qui ait eu une activité de recherche, dans la mesure où il s'est attaqué à des problèmes nouveaux pour l'époque et qu'il y a apporté des solutions originales ou qu'il a avancé des idées nouvelles. Nous avons déjà évoqué sa contribution en Analyse combinatoire qui s'inscrit dans le prolongement des activités de

recherche et des préoccupations d'Ibn Mun'im. Cette contribution ne se limite pas à ce qu'il a écrit dans son *Tanbīh al-albāb*. On en trouve également des éléments intéressants dans son *Raf' al-ḥijāb* [Le soulèvement du voile] où il établit les résultats que nous avons évoqués précédemment et où il laisse entendre qu'à son époque les problèmes de dénombrement ne concernaient pas seulement le domaine de la langue. Il a également introduit une démarche nouvelle en Algèbre à propos de la justification de l'existence des solutions des équations canoniques d'al-Khwārizmī et il aurait, selon le témoignage d'Ibn Haydūr, poursuivi une réflexion sur les bases non décimales qu'aurait commencée Ibn Mun'im (dans un ouvrage qui ne nous est pas parvenu) [DJEJBAR 1980 : 76-98; ABALLAGH 1988 : 145-168, 517-543].

Mais, malgré ses qualités exceptionnelles, évoquées par tous les biographes, l'importance et le prestige d'Ibn al-Bannā ne proviennent pas uniquement de ses travaux mathématiques. En effet, notre savant se distingue de ses prédécesseurs maghrébins par la richesse et la diversité de sa production. Nous basant sur l'inventaire qu'avait fait, en son temps, Ibn Haydūr, nous avons recensé plus de 100 titres d'écrits qui lui sont attribués dont 32 seulement concernant les Mathématiques et l'Astronomie [ABALLAGH & DJEJBAR 1995b], les autres étant consacrés à des disciplines très éloignées les unes des autres, comme la Linguistique, la Rhétorique, l'Astrologie, la Grammaire et la Logique.

Parmi ses écrits scientifiques, ce sont ceux relatifs à la Science du Calcul qui semblent avoir assuré la notoriété scientifique d'Ibn al-Bannā. Ses ouvrages de la Science du Calcul qui nous sont parvenus et qui ont été analysés sont le *Talkhīs* [l'Abrégé], les *Arba' maqālāt fī l-ḥisāb* [Les quatre opuscules sur le calcul] et le *Raf' al-ḥijāb*. C'est en fait le *Talkhīs* qui illustre la démarche et les conceptions d'Ibn al-Bannā, au niveau de l'agencement des chapitres, de la concision, de la rigueur, de la formulation et de l'absence de tout symbolisme, alors que, pour ce dernier point, une pratique existait déjà, à son époque, à la fois dans le domaine des fractions, dans celui de l'algèbre des polynômes et dans celui des équations.

Les facteurs qui ont amené Ibn al-Bannā à inaugurer ce type de manuel très condensé, par opposition aux grands recueils des XII^e-XIII^e siècles que nous avons déjà évoqués, ne sont peut-être pas strictement pédagogiques. Cela pourrait être la conséquence de toute la formation d'Ibn al-Bannā et en particulier de son cheminement mystique qui a pu favoriser un certain ésotérisme qui s'est ajouté à la difficulté et au caractère abstrait des notions et des techniques mathématiques. Quoi qu'il en soit, ce caractère du *Talkhīs* amènera de nombreux mathématiciens postérieurs à rédiger des commentaires plus ou moins détaillés de ce manuel.

Le caractère encyclopédique de la production d'Ibn al-Bannā a dû jouer au niveau du statut social de notre mathématicien qui sera d'ailleurs honoré par le pouvoir mérinide, ce qui l'amènera à quitter Marrakech pour s'installer un certain temps à Fez, sur invitation du sultan de l'époque. Cette position éminente dont il a bénéficié dans la capitale mérinide n'a pu que renforcer l'autorité qu'il avait déjà acquise par ses travaux scientifiques. On peut également

supposer que c'est ce double statut à la fois scientifique et social qui l'a encouragé à trancher sur des problèmes qui préoccupaient ses contemporains et qui l'ont amené à publier un livre original dont le contenu pourrait être rattaché, par certains de ses aspects, à l'ethnomathématique. Il s'agit du *Tanbīh al-albāb* que nous avons déjà évoqué à plusieurs reprises.

La première partie de ce petit livre contient des réponses mathématiques précises à des questions touchant à des domaines très variés de la vie de tous les jours, comme la composition des médicaments, le calcul du débit des canaux d'irrigation, l'explication arithmétique d'un verset du Coran relatif aux héritages, la détermination de l'heure de la troisième prière quotidienne, l'explication des fraudes liées aux instruments de mesure, le dénombrement des prières en retard et qu'il faut faire dans un ordre précis, le calcul exact de l'impôt légal pour un paiement différé de cet impôt, etc. [ABALLAGH & DJEBBAR 1995b]. La seconde partie, qui s'inscrit dans la tradition déjà ancienne des mathématiques ludiques et culturelles, rassemble un ensemble de petits problèmes arithmétiques présentés sous forme d'énigmes poétiques [DJEBBAR 1995b].

Avant Ibn al-Bannā, des mathématiciens ont également résolu des problèmes liés à la vie de tous les jours mais, souvent, l'aspect concret du problème n'était qu'un habillage à des exercices arithmétiques ou algébriques abstraits. Ce qui n'est pas du tout le cas pour les 17 problèmes exposés par Ibn al-Bannā. Cela dit, et malgré l'originalité de son livre, Ibn al-Bannā n'est pas le premier à avoir résolu des problèmes spécifiques à la cité islamique du moyen-âge. Pour rester au Maghreb, on peut signaler le cas d'un mathématicien de l'Ifriqiya, al-Jīṭālī (m. 1305) qui a rédigé un opuscule intitulé *Kitāb maqāyīs al-jurūh* [Livre des mesures des blessures] dans lequel il décrit la méthode pour mesurer toute sorte de blessures et la manière de calculer les indemnités exigées par la loi comme réparation versée à la personne blessée [DJEBBAR 1995a]. Nous pensons que les deux exemples que nous venons d'évoquer ne sont qu'un aspect d'une riche tradition qui mérite une recherche systématique à la fois dans les écrits mathématiques et dans les ouvrages d'autres disciplines, comme le Droit et l'Astrologie.

Les continuateurs de la tradition d'Ibn al-Bannā

Au niveau des grandes orientations de l'activité mathématique au moyen-âge, Ibn al-Bannā apparaît comme le point de départ de toute une tradition qui s'est étendue aux différentes régions du Nord de l'Afrique et qui a même atteint l'Égypte et ce qui restait de l'Espagne musulmane. Cette tradition est celle des commentaires. Il y eut ainsi plus de quinze ouvrages plus ou moins importants consacrés à l'explication ou au développement et parfois même à la critique de son petit manuel *at-Talkhīṣ*. Certains de ces commentaires ont été écrits par des mathématiciens du Maghreb extrême : il s'agit de ceux d'al-Miṣrātī (XIV^e s.), d'al-Muwāḥidī (XIV^e s.), d'Ibn Haydūr et d'Ibn Ghāzī. Un commentaire a été écrit par un andalou,

Ibn Zakariyā' et quelques uns l'ont été soit par des mathématiciens du Maghreb central, comme al-^cUqbānī (m. 1408), al-Ḥabbāk (m. 1463) et Ibn Qunfudh, soit par ceux de l'Ifriqiya, comme al-Qalaṣādī, soit par des égyptiens, comme Ibn al-Majdī (m. 1447) et Ibn al-Hā'im (m. 1412) [ABALLAGH & DJEBBAR 1995b].

A ce jour, aucun de ces commentaires n'a bénéficié d'une analyse complète, mais une étude comparative de leurs contenus révèle des différences à la fois quantitatives et qualitatives. Au niveau quantitatif, on trouve des petits commentaires, comme celui d'al-Miṣrātī, un élève d'Ibn al-Bannā, qui se contente d'expliquer par des exemples les définitions et les algorithmes sans jamais sortir du cadre du *Talkhīṣ*. A l'autre extrémité, on trouve de véritables traités dont le contenu du *Talkhīṣ* ne semble être qu'un prétexte ou un fil conducteur permettant à leurs auteurs d'exposer à leur manière, parfois en critiquant sévèrement Ibn al-Bannā, les thèmes traités par ce dernier et d'autres qu'il avait délibérément abandonnés. Parmi ces traités, très riches pour l'histoire des différentes disciplines mathématiques, on peut citer le *Tamhīṣ* [L'étude approfondie] du maghrébin Ibn Haydūr et le *Ḥāwī l-lubāb* [Le recueil de la moelle] de l'égyptien Ibn al-Majdī.

Au niveau qualitatif, ces commentaires se distinguent les uns des autres par l'utilisation ou non du symbolisme arithmétique et algébrique et par le recours ou non à l'explication ou à la critique de certaines définitions, à la démonstration des propositions évoquées par Ibn al-Bannā et à la justification de la validité des algorithmes qu'il a exposés. Un commentaire représentatif de cette catégorie d'ouvrages dont les auteurs ne se contentent pas d'illustrer leurs propos par des exemples, est celui d'al-^cUqbānī, un mathématicien du Maghreb Central qui a vécu et qui a enseigné à Tlemcen. Il semble même que ce soit l'un des derniers ouvrages maghrébins qui renferme des démonstrations utilisant les propositions des *Eléments* d'Euclide ou des outils empruntés à des ouvrages antérieurs de la tradition mathématique arabe [HARBILI 1996 : n° 7].

Cela dit l'analyse détaillée des chapitres les plus importants de ces commentaires nous permet d'avancer d'autres remarques concernant à la fois la nature des mathématiques enseignées au Maghreb à cette époque et leur niveau :

En premier lieu, on constate que le niveau des mathématiques qui y sont exposées n'a pas baissé par rapport à la période antérieure, mais on n'y retrouve pas certains thèmes qui étaient enseignés depuis le X^e siècle, comme l'extraction de la racine cubique approchée d'un nombre ou le calcul de nouveaux couples de nombres amiables. Ce phénomène était déjà perceptible dans l'oeuvre d'Ibn al-Bannā et il ne fera que s'étendre à partir du XIV^e siècle.

En second lieu, on ne remarque aucun apport nouveau dans ces commentaires, ni sur le plan théorique ni au niveau des applications des idées et des techniques antérieures. La nouveauté la plus significative se situe au niveau de l'expression écrite avec l'utilisation progressive d'un symbolisme relativement élaboré. Ce symbolisme qui, comme nous l'avons

déjà dit, avait fait son apparition dans les écrits d'al-Ḥaṣṣār et d'Ibn al-Yāsamīn, voit son utilisation gelée ou bridée tout au long du XIII^e siècle et durant la première moitié du XIV^e siècle. En tout cas, aucun mathématicien de cette époque ne l'a utilisé dans les écrits qui nous sont parvenus. D'ailleurs, même après cette période, ce symbolisme ne semble pas avoir été utilisé par tous les commentateurs. Pour le Maghreb Extrême, on le trouve chez al-Muwāḥidī et Ibn Ghāzī, mais pas chez al-Miṣrātī et Ibn Haydūr. Dans le Maghreb Central, seuls Ibn Qunfudh et al-^cUqbānī l'utilisent [DJEJBAR 1980; GUERGOUR 1990; HARBILI 1996 : n° 7]. En Ifriqiya, on trouve ce symbolisme chez al-Qaṭrawānī [LAMRABET 1981 : 141-143; DJEJBAR 1986a : 118-120] et, plus tard, chez al-Qalaṣādī [WOEPCKE 1858-59]. En dehors du Maghreb, le même symbolisme est utilisé par l'égyptien Ibn al-Majdī, alors qu'il est absent des ouvrages de son compatriote Ibn al-Hā'im [DJEJBAR 1980 : 48]. Partant de là, il serait intéressant de voir si ce clivage ne reflète pas deux conceptions de l'enseignement des Mathématiques ou tout au moins ce qui est parvenu de ces deux conceptions aux enseignants de cette époque.

Une dernière remarque sur les commentaires des XIV^e-XV^e siècles concerne la rédaction de leur contenu et le style qui y est utilisé. A ce niveau, deux démarches sont perceptibles: la première se caractérise par ses formulations stéréotypées qui correspondent au style habituel des mathématiques et la seconde, plus rhétorique, est d'un niveau culturel plus élevé, dans la mesure où les auteurs prolongent et complètent leurs explications mathématiques par des commentaires grammaticaux, littéraires ou philosophiques. Cette démarche n'apporte rien sur le plan mathématique mais elle nous informe sur quelques aspects de la culture de l'époque et sur l'intervention progressive de cette culture dans certains domaines techniques.

Dans le domaine de l'Algèbre, différentes sources nous informent que les ouvrages d'Ibn Badr [SANCHEZ-PEREZ 1916], d'al-Qurashī, d'Ibn al-Yāsamīn et d'Ibn al-Bannā continuaient à être enseignés dans les villes du Maghreb comme Fez, Tlemcen, Sebta et Tunis. Mais, seul le poème d'Ibn al-Yāsamīn semble avoir eu la faveur des commentateurs, à la fois au Maghreb et en Egypte. Parmi les commentaires qui ont circulé à partir du XIV^e siècle, on peut citer ceux d'Ibn Qunfudh et d'al-Qalaṣādī au Maghreb [GUERGOUR 1990; ZEMOULI 1993] et ceux d'al-Māradīnī (m. 1501) et d'Ibn al-Hā'im (m. 1412), en Egypte [SHAWQI 1987; SOUSSI 1983b].

Cela dit, si on excepte un seul commentaire du *Raf^c al-ḥijāb*, réalisé par Ibn Haydūr, aucun autre ouvrage de Calcul ou d'Algèbre des XII^e-XIV^e siècles n'a motivé les commentateurs maghrébins. En effet, et jusqu'à ce jour, nous n'avons trouvé aucune mention d'un éventuel commentaire des grands ouvrages de calcul d'al-Ḥaṣṣār et d'Ibn al-Yāsamīn ou du livre d'Ibn Muḥim, comme nous n'avons encore découvert aucun commentaire maghrébin sur

les classiques de l'Algèbre arabe des IX^e-X^e siècles, qui ont pourtant circulé en Andalus et au Maghreb.

L'explication de ce phénomène n'est pas simple : on peut en chercher les raisons soit dans un abaissement du niveau général de l'enseignement, soit dans l'arrêt de l'activité de recherche, soit dans le désintérêt pour les aspects théoriques des disciplines scientifiques. Ces causes sont en fait liées les unes aux autres et elles renvoient toutes aux facteurs extérieurs à l'activité scientifique elle-même dont le grand historien maghrébin du XIV^e siècle, Ibn Khaldūn, avait déjà, à son époque, perçu les effets sur la société dans son ensemble et, partant de là, sur le dynamisme des activités scientifiques et culturelles de tout l'Occident musulman.

En tout état de cause on constate que les ouvrages maghrébins difficiles, ou réputés comme tels, sont délaissés par les commentateurs ou ne sont utilisés que pour mieux éclairer l'explicitation de tel ou tel passage du *Talkhīṣ* d'Ibn al-Bannā. On constate aussi qu'il y a, à partir de cette époque, une sorte de repli sur la production scientifique de l'Occident musulman, même au niveau des références aux ouvrages. On continue bien sûr à évoquer Euclide, Nicomaque et al-Khwārizmī, mais ce sont surtout des auteurs du Maghreb ou de l'Espagne musulmane qui sont cités dans les commentaires des XIV^e-XV^e siècles qui nous sont parvenus.

LES MATHÉMATIENS DU MAGHREB POSTÉRIEURS AU XV^e SIÈCLE

A notre connaissance, la production mathématique de la période qui s'étend du début du XVI^e siècle à la fin du XIX^e n'a encore bénéficié d'aucune étude globale. Les remarques que nous allons brièvement présenter s'appuient essentiellement sur des éléments bibliographiques et sur l'analyse de quelques textes lithographiés au XIX^e siècle ou récemment édités [KHATTABI 1987].

Le nombre des mathématiciens (ou enseignants de mathématiques) connus, qui ont vécu au Maghreb après le XV^e siècle, dépasse 150. Les disciplines qu'ils ont enseignées ou qu'ils ont traitées dans les ouvrages qui nous sont parvenus sont la Géométrie métrique, le Calcul, les carrés magiques et la répartition des héritages, pour ce qui est des Mathématiques, et le calcul du temps, la détermination de la direction de la Mecque et la description d'instruments astronomiques, pour ce qui est de l'Astronomie [SUTER 1900; BROCKELMANN 1937-49; LAMRABET 1994].

Pour nous limiter aux Mathématiques, et au vu des textes que nous avons pu étudier, nous pouvons affirmer que le contenu de cette production se distingue des écrits mathématiques antérieurs par la forme et par le niveau. On trouve des poèmes, comme ceux d'al-Akhḍarī (m. 1576), d'al-Wansharīṣī (m. 1548) et d'ar-Rasmūkī (m. 1721), des gloses ou des commentaires comme ceux d'Ibn al-Qāḍī (m. 1616) et de Muḥammad Bannīs (m. 1798), des résumés comme ceux d'al-Fāsī (m. 1685). Quant au niveau de ces écrits, il se situe en deçà de celui des ouvrages du XV^e siècle, qui sont eux-mêmes beaucoup moins riches, sur le plan des

idées et des techniques, que les ouvrages des XIII^e-XIV^e siècles. Cela correspond bien à ce que l'on peut observer dans d'autres secteurs de l'activité intellectuelle au niveau de tout le Nord de l'Afrique.

Parmi les facteurs internes qui pourraient être à l'origine de ce long processus de déclin des activités mathématiques, il y a le ralentissement puis l'arrêt de la recherche et l'amorce d'un changement qualitatif dans le contenu des ouvrages d'enseignement qui se sont progressivement limités à l'exposé des techniques et des résultats sans aucune démonstration. Ces facteurs internes ont été eux-mêmes induits par des facteurs externes qui se rattachent soit au domaine économique, comme le tarissement de la route africaine de l'or ou la perte du contrôle des routes maritimes, soit au domaine politique, comme les offensives répétées, contre les côtes du Nord de l'Afrique, par les nouvelles puissances de l'Europe du Sud, c'est à dire l'Espagne et le Portugal et certaines villes-états italiennes [LAROUÏ 1970 : 211-223].

Il n'est donc pas étonnant que ce long processus de dégradation ait eu des effets indirects sur les Mathématiques par le rétrécissement progressif de leur domaine d'activité et de leur champ d'application. Ainsi, il n'est plus resté aux mathématiciens comme activités, différentes de l'enseignement et de la rédaction de manuels, que des pratiques mathématiques liées directement à des activités ou à des préoccupations à caractère religieux, comme la répartition des héritages et des donations aux ayant-droit, la détermination du temps pour la fixation des moments de la prière ou la construction et l'utilisation d'instruments astronomiques, tels que le quart de sinus et l'astrolabe.

Comme conséquence de l'arrêt des investigations en Mathématique, du rétrécissement de leur champ d'application et de la réduction du contenu des programmes, on voit apparaître et se développer, tant au Maghreb qu'en Egypte, la pratique qui consiste à publier, sur un même sujet mathématique, une série d'ouvrages qui ne diffèrent entre eux que par le style (poésie ou prose), le volume (livre ou abrégé) ou la forme (commentaire détaillé ou gloses). Cette tendance était déjà très nette dès la seconde moitié du XV^e siècle avec al-Qalaṣādī en Ifriqiya et Ibn Ghāzī dans le Maghreb Extrême. Elle se poursuivra au moins jusqu'au XVIII^e siècle, comme le montre la production d'ar-Rasmūkī (m. 1775). Mais, malgré l'absence d'originalité de ces nombreux écrits, ils constituent des matériaux précieux pour l'histoire de l'enseignement scientifique dans le Nord de l'Afrique.

CONCLUSION

Au terme de ce survol de dix siècles d'activités mathématiques au Maghreb, il nous semble utile de faire quelques remarques d'ordre général concernant le contenu de ces activités et ce qui en a été transmis dans les autres régions de l'Afrique.

La première remarque concerne certaines survivances calculatoires non arabes. Les informations que nous avons présentées montrent que la pratique mathématique au Maghreb s'inscrit essentiellement dans la tradition arabe. Mais, cela ne signifie pas que cette pratique était unique. On constate en effet, dans le domaine du calcul, et cela semble être une particularité du Maghreb Extrême, la survivance, depuis l'époque pré-islamique, d'une

pratique calculatoire qui utilise des symboles, qui sont appelés les *chiffres de Fez*. Ces symboles se distinguent des *chiffres ghubār*, c'est à dire des chiffres actuels, à la fois par leur nombre et par leur forme. La persistance de cette pratique a été telle que des mathématiciens, comme Ibn al-Bannā au XIV^e siècle, ou d'autres moins prestigieux, lui ont consacré des manuels pour en expliquer le principe et l'utilisation [DJEJBAR 1987 : 239-40].

La seconde remarque concerne la place du Maghreb dans la tradition mathématique de l'Occident musulman. Il est clair, au vu des informations que nous avons présentées, que c'est essentiellement les villes du Maghreb extrême, et en particulier Sebta, Fez et Marrakech, qui ont pris le relais de l'Espagne musulmane dans l'activité mathématique et ce à partir du XII^e siècle et jusqu'à la fin du XIV^e avec, à partir de cette période, une intervention plus grande de deux autres pôles scientifiques : Tlemcen dans le Maghreb Central et Tunis en Ifriqiya. Les raisons qui ont fait que ce relais n'a pas été pris avant le XII^e siècle ne sont pas faciles à déterminer avec certitude. Parmi ces raisons, il y a probablement la proximité de l'Espagne musulmane et son dynamisme des IX^e-XI^e siècles, qui attirait régulièrement les élites qui se sont d'abord formées dans les villes du Maghreb puis qui se sont installées provisoirement ou définitivement dans une ville d'al-Andalus. A titre d'exemples, on peut citer les cas d'al-Wahrānī (ca. 1037) pour le Maghreb Central [SUTER 1900 : n° 251], d'al-Kalā'ī (m. 1111) pour l'Ifriqiya [DJEJBAR 1988b : 64] et d'Ibn Yāsīn (IX^e s.) pour le Maghreb Extrême [SUTER 1900 : n° 106]. Ce phénomène a pu influencer négativement sur la constitution de foyers scientifiques de haut niveau dans les métropoles maghrébines.

D'autres causes probables sont à chercher dans la sphère économique où le Maghreb apparaît, jusqu'à l'époque almoravide, beaucoup plus comme un relais que comme un pôle captant les richesses et les savoir-faire. A partir du XII^e siècle, il semble bien que divers facteurs étaient réunis pour permettre au Maghreb de devenir un pôle. Mais, c'est aussi à partir de cette époque que l'activité scientifique arabe prise dans son ensemble a commencé à montrer des signes d'essoufflement et de ralentissement dans les métropoles des autres régions. Cela dit, les XII^e-XIII^e siècles n'ont pas révélé tous leurs secrets et il est fort possible que cette courte période où le Maghreb a réalisé son unité politique ait été, dans le domaine des mathématiques, une période encore plus féconde que cela ne transparait à travers les quelques ouvrages qui nous sont parvenus et que nous avons brièvement présentés.

La troisième et dernière remarque concerne le rôle du Maghreb dans la diffusion des mathématiques arabes. Cette diffusion s'est d'abord effectuée, semble-t-il, en direction de l'Europe du Sud d'une manière directe grâce aux traductions, comme l'illustre l'exemple, pour le moment unique, de la traduction hébraïque du *Kitāb al-bayān* d'al-Ḥaṣṣār, soit d'une manière indirecte par l'assimilation d'un enseignement local prodigué en arabe puis la rédaction de manuels ou de traités en latin ou en hébreu. L'exemple le plus célèbre qui illustre ce phénomène encore peu étudié est celui de Fibonacci. Comme il le dit lui-même, ce savant italien s'est formé très jeune à Bougie, l'un des pôles scientifiques maghrébines du XII^e siècle et, plus tard, il a reproduit, dans son *Liber Abbaci*, certains aspects de la tradition

mathématique maghrébine et en particulier ce qui a trait au symbolisme et au calcul des fractions [VOGEL 1970-80 : 605-609].

Mais, dans l'état actuel de nos connaissances, la transmission des écrits mathématiques du Maghreb s'est faite essentiellement dans deux autres directions. La première est celle de l'Orient et plus précisément de l'Égypte où des écrits d'al-Ḥaṣṣār, d'Ibn al-Yāsamīn et d'Ibn al-Bannā ont circulé ou ont fait l'objet de commentaires. Ce fait est confirmé par le témoignage de l'encyclopédiste du XIV^e siècle, Ibn al-Akfānī [IBN AL-AKFĀNĪ 1990], et par les commentaires du *Talkhīṣ*. Le contenu et les modalités de cette transmission n'ont pas encore fait l'objet d'une étude approfondie, mais l'analyse comparative des documents qui existent pourrait nous éclairer un peu plus sur ce phénomène peu connu.

La troisième direction par laquelle s'est faite la transmission est celle de l'Afrique subsaharienne. Ce phénomène est, malheureusement, encore moins connu que les deux précédents. Il semble que ce soit le Maghreb Extrême qui a été le relais principal pour cette transmission qui a concerné essentiellement la Science du Calcul et l'Astronomie. Nous en avons une première confirmation à travers les manuscrits qui se trouvent aujourd'hui dans la bibliothèque Aḥmad Bābā de Tombouctou. Parmi ces manuscrits, un seul, traitant du calcul, est attribué à un homme de science de la région. Il s'agit d'Aḥmad Bābir al-Arawānī un mathématicien originaire d'Arawān (Mali) qui a vécu après le XVI^e siècle puisqu'il se réfère dans son écrit au poème arithmétique, *ad-Durra al-bayḍā'* [La perle blanche] du mathématicien du Maghreb Central al-Akhḍarī (m. 1575) [Ms. Bibl. Aḥmad Bāba n° 3027]. Les autres manuscrits sont des poèmes mathématiques, comme ceux d'as-Samlālī et d'ar-Rasmūkī, tous d'eux du Maghreb Extrême [LAPOUSTERLE 1990], ou bien des écrits astronomiques, comme le *Kitāb tarḥīl ash-shams* [Le livre du mouvement du soleil] d'Ibn al-Bannā.

Nous ne pouvons pas apprécier l'importance de cette diffusion à partir des rares éléments qui sont en notre possession, et un certain nombre de questions, concernant l'activité scientifique au Sud du Sahara, restent posées et le resteront encore un certain temps. Mais, si l'on tient compte des informations qui nous sont parvenues et qui sont relatives à l'Histoire culturelle de cette région [BATILY 1989; DRAMANI-ISSIFOU 1982; NIANE 1975; EL-FASI & HRBEK 1990; NIANE 1975a, 1975b, 1985], il nous paraît raisonnable de penser que la circulation des écrits scientifiques a été plus importante que ce que suggèrent les documents aujourd'hui accessibles, comme on peut également supposer que des étudiants, originaires des zones subsahariennes ont peut-être eu la possibilité de se déplacer vers le Nord, par exemple à la faveur d'un pèlerinage à la Mecque ou pour d'autres raisons, comme cela est arrivé à Aḥmad Bābā at-Tambuktī (m. 1627). L'une ou l'autre de ces circonstances pouvait fournir à ces étudiants l'occasion de se perfectionner auprès de professeurs connus, avant de devenir eux-mêmes des enseignants ou des auteurs d'ouvrages, comme nous le montre l'exemple d'al-

Arawānī que nous avons déjà évoqué et celui d'al-Katsināwī (m. 1741), un savant originaire de Katsina (Nigéria) qui vécut un certain temps au Caire et qui se spécialisa dans la construction des carrés magiques [ZASLAVSKY 1973 : 138-151; KANI 1992b : 17-36; GERDES 1992 : 17; SESIANO 1994].

Mais, nous ne pourrions objectivement évaluer le contenu de la production scientifique ainsi que la nature et l'intensité des échanges entre les hommes de science des différentes régions du Nord de l'Afrique qu'après de nouvelles investigations à travers les documents encore inaccessibles et qui touchent à tous les aspects de la vie intellectuelle des villes de ces régions. Cela dit, et en attendant la mise à jour et l'analyse comparative de ces documents, les quelques éléments que nous avons présentés devraient permettre déjà, du moins nous l'espérons, de convaincre le lecteur de l'importance du patrimoine scientifique de cette partie de l'Afrique.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

- ABALLAGH, M. 1987 = 1992 : *Les fractions entre la théorie et la pratique chez Ibn al-Bannā al-Murrākushī* (1256-1321), Colloque International sur les fractions, Paris, Janvier 1987. In BENOIT Paul, Karine CHEMLA et Jim RITTER : *Histoire de fractions, fractions d'histoire*, Bâle-Boston-Berlin, Birkhäuser Verlag, Chapitre XIII, pp, 247-258.
- ABALLAGH, M, 1988a : *Le Raf^c al-ḥijāb d'Ibn al-Bannā*, Thèse Doctorat, Université de Paris I-Pantheon-Sorbonne.
- ABALLAGH, M, 1988b : *Les fondements des mathématiques à travers le Raf^c al-ḥijāb d'Ibn al-Bannā (1256-1321)*, Actes du 1^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Alger, 1-3 Décembre 1986), Alger, Maison du livre, pp, 11-23.
- ABALLAGH, M, 1990 : *La pensée mathématique d'Ibn Haydūr at-Tādilī (m, 1413)*, Actes du 3^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Tipaza, 2-4 Décembre 1990), Alger, Office des Presse Universitaires, 1998, partie arabe, pp. 5-22.
- ABALLAGH, M, 1994 : *Raf^c al-ḥijāb 'an wujūh a'māl al-ḥisāb li Ibn al-Bannā al-Murrākushī* [Le Soulèvement du voile sur les formes de procédés en Calcul d'Ibn al-Banna al-Murrakushi], Fès, Faculté des Lettres.
- ABALLAGH, M, & DJEBBAR, A, 1987 : Découverte d'un écrit mathématique d'al-Ḥaṣṣār (XII^es.) : le Livre I du Kāmil, *Historia Mathematica* 14, pp, 147-158.
- ABALLAGH, M, & DJEBBAR, A, 1989 : Iktishāf as-sifr al-awwal min Kitāb al-Kāmil fī ṣinā'at al-^cadad li l-Ḥaṣṣār [Découverte de la première partie du *Livre Complet sur l'art du nombre* d'al-Ḥaṣṣār], *Revue de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines*, Fès (Maroc), n° 10, pp, 189-203.
- ABALLAGH, M, & DJEBBAR, A, 1995b : *La vie et l'oeuvre d'Ibn al-Bannā (1256-1321) : un essai bio-bibliographique*, Rabat, Université Mohamed V, Publications de la Faculté de Lettres et des Sciences Humaines, 2001.
- ABDALWAHHAB (^c), H. H. 1965-72 : *Waraqāt 'an al-ḥadāra al-'arabiya bi Ifriqyā at-tūnusiya* [Feuillets sur la civilisation arabe dans l'Ifriqiya tunisienne], Tunis, Maktabat al-manār, Vol I, 1965; Vol, II, 1966; Vol, III, 1972.
- ABD AL-WAHHĀB (^c), H. H. 1965 : Bayt al-Ḥikma ou "Maison de la Sagesse" d'Ifriqiya, *IBLA*, 28, pp, 353-72.
- ABŪ FĀRIS 1973 : Dalīl jadīd ^calā ^curūbat al-arqām al-musta^cmala fī l-Maghrib al-^carabī [Une nouvelle preuve de l'arabité des chiffres utilisés dans le Maghreb arabe] *al-Lisān al-'arabī*, Vol, 10, Partie 1, pp, 231-233.

- ABŪ ZAKARIYĀ' 1979 : *Kitāb siyar al-a'imma wa akhbārihim* [Le livre sur la vie des guides spirituels et sur leurs actions], Ismā'īl al-°Arabī (édit.), Alger, Bibliothèque Nationale.
- AHRENS, W. 1922 : Die magischen Quadrate al-Bunis [les Carrés magiques d'al-Būnī], *Der Islam*, Vol, 12, 157-177.
- ALAM (°), °A, °A, 1971 : *ad-Dawla al-muwwaḥidiyya fī °ahd °Abd al-Mu'min ibn °Alī* [L'état almohade à l'époque de °Abd al-Mu'min ibn °Alī], Le Caire, Dār al-Ma°ārif.
- ALAOUI, J. 1983 : *Rasā'il falsafīyya li Abī Bakr Ibn Bājja* [Epîtres philosophiques d'Abū Bakr Ibn Bājja], Beyrouth, Dār ath-thaqāfa - Casablanca, Dār an-nashr al-maghribiyya.
- ALAOUI, J. 1990 : *Le problème de la relation entre les Mathématiques et la Métaphysique, ou des Mathématiques à la Philosophie Première chez Ibn Rushd*, Actes du 3^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Tipaza, 2-4 Décembre 1990), Alger, Office des Presse Universitaires, 1998, partie arabe, pp. 105-106.
- ANBOUBA, A. 1961 : Mukhtārāt min Kitāb al-Bāhir, *Al-Machrek*, Janvier-Février, pp, 61-108.
- ANBOUBA, A. 1970-1980 : *Al-Samaw'al Ibn Yaḥyā al-Maghribī*, Dictionary of Scientific Biography, Gillispie (édit.), pp, 91-95.
- BAGHDĀDĪ (AL-) 1985 : *at-Takmila fī l-ḥisāb* [Le Complément en Calcul], A. S. Saidan (édit.), Amman.
- BENCHEKROUN, R. 1974 : Mu'allafāt Ibn al-Bannā' al-Murrākushī wa ṭarīqatuhū fī l-kitāba [Les oeuvres d'Ibn al-Bannā et sa méthode d'écriture], *Al-Manāhil*, **33**, pp. 207-229.
- BONCOMPAGNI, B. 1867 : *Il Liber Abbaci di Leonardo Pisano* [Le Liber Abbaci de Léonard de Pise], Rome.
- BOUAZZI, M, 1995 : *Mathématiques et compositions décoratives régulières : Faïences murales tunisoises du XVIII^e siècle*, Journées de Kairouan sur les Mathématiques dans les arts arabes, Kairouan, 27 Mai-1^e Avril.
- BOUYAHYA, CH, 1972 : *La vie littéraire en Ifriqiya sous les Zirides*, Thèse de Doctorat, Paris-Sorbonne, Tunis, S. T. D.
- BROCKELMANN, C. 1937-49 : *Geschichte der Arabischen Litteratur* [Histoire de la littérature arabe], Leide, 5 Vol, et 3 Suppléments,
- BRUNSCHVIG, R, 1940-47 : *La Berbérie orientale sous les Hafrides des origines à la fin du XV^e siècle*, Paris, 2 Vol.
- CAJORI, F, 1952 : *A History of Mathematical Notations* [Histoire des notations mathématiques], Chicago.
- CANTOR, M, 1880-1898 : *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik* [Cours sur l'Histoire des Mathématiques], 3 vols, Leipzig : Teubner. Nous nous référons à la seconde édition, en 3 volumes, Leipzig : Teubner, 1894-1900.

- CARRA DE VAUX 1948 : Une solution arabe du problème des carrés magiques, *Revue d'Histoire des Sciences*, n° 1, pp, 206-12.
- COMES, M, 1994 : *L'équatoire méconnu d'Abū l-Ḥasan al-Murrākushī*, Actes du 5^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Tunis, 1-3 Décembre 1994), Tunis, A.T.S.M., 1998, pp. 49-61.
- ḌABBĪ (AD) 1884 : *Bughyat al-multamis* [Le désir du demandeur], Codera & Zaydin (édit), Madrid, Bibliotheca Arabico-Hispana, Vol, III.
- ḌABBĀGH (AD-), °A 1902 : *Ma °ālim al-īmān fī ma °rifat ahl al-Qayrawān* [les signes de la foi dans la connaissance des gens de Kairouan], Tunis.
- DJEBBAR, A, 1980 : *Enseignement et Recherche mathématiques dans le Maghreb des XIII^e-XIV^e siècles*, Paris, Université de Paris-Sud, Publications Mathématiques d'Orsay, n° 81-02.
- DJEBBAR, A, 1982 = 1987 : *Les Mathématiques au Maghreb à l'époque d'Ibn al-Bannā*, Actes du Colloque International de la Société de Philosophie au Maroc sur "*Mathématiques et Philosophie*" (Rabat, 1-4 Avril 1982), Paris, l'Harmattan - Rabat, Okad, 1987, pp, 31-46.
- DJEBBAR, A, 1983a = 1985 : *L'analyse combinatoire au Maghreb : l'exemple d'Ibn Mun°im (XII^e-XIII^e siècles)*, Paris, Université de Paris-Sud, Prépublication n° 83 T 03, 1983 et Publications Mathématiques d'Orsay, n° 85-01.
- DJEBBAR, A, 1983b = 1987 : L'analyse combinatoire au Maghreb entre le XII^e et le XIV^e siècle, Actes des Journées de la S. M. F. sur "*l'histoire des mathématiques*", (Paris, 6-10 Juin 1983), J. Dhombres (édit.) : *Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences*, Nouvelle série, n° 20, pp, 232-239.
- DJEBBAR, A, 1983d = 1984 : *Quelques remarques sur les rapports entre Philosophie et Mathématiques arabes*, Actes du Colloque de la Société Tunisienne de Philosophie (Hammamet, 1-2 Juin 1983), *Revue Tunisienne des Etudes Philosophiques*, Mars 1984, n° 2, pp, 3-21.
- DJEBBAR, A, 1984a = 1993 : *Deux mathématiciens peu connus de l'Espagne du XI^e siècle : al-Mu'taman et Ibn Sayyid*, Colloque international de Marseille-Luminy sur "*Les mathématiques autour de la Méditerranée jusqu'au XVII^e siècle*", 16-21 Avril 1984. Publié dans M. Folkerts & J. P. Hogendijk (édit.) : *Vestigia Mathematica, Studies in medieval and early modern mathematics in honour of H. L. L. Busard*, Amsterdam-Atlanta, GA 1993, pp. 79-91.
- DJEBBAR, A. 1984b : Les scientifiques arabes face à leur patrimoine, *Revue de la Documentation française, Maghreb-Machrek*, n° 105, Septembre 1984, pp, 48-64.
- DJEBBAR, A, 1985 : *Les nombres figurés dans la tradition mathématique de l'Andalousie et du Maghreb*, Paris, Université de Paris-Sud, Prépublications Mathématiques d'Orsay, n° 85 T 44.
- DJEBBAR, A, 1986a = 1988 = 1994 : *Quelques aspects de l'algèbre dans la tradition mathématique arabe de l'Occident musulman*, Actes du 1^e Colloque Maghrébin sur les

- mathématiques arabes (Alger, 1-3 Décembre 1986), Alger, Maison du Livre, 1988, pp. 99-123. Version arabe parue dans : Bulletin du Séminaire Ibn al-Haytham, n° 4, Février 1994, Alger, Association Algérienne d'Histoire des Mathématiques-E. N. S. de Kouba, pp. 9-34.
- DJEBBAR, A. 1986b = 1990 : *La contribution mathématique d'al-Mu'taman et son influence au Maghreb*, Actes du Colloque Maghrébin de Bayt al-Ḥikma sur "Le patrimoine scientifique arabe" (Carthage, 14-15 Février 1986). In *Tārīkh al-‘ulūm ‘inda l-‘Arab* [l'Histoire des Sciences chez les Arabes], Carthage, Bayt al-Ḥikma, 1990, pp. 21-42.
- DJEBBAR, A. 1986c = 1987 : *Algorithmes et optimisation dans les mathématiques arabes*, Actes du Premier Symposium International de l'ICOMIDC, sur "Informatics and the teaching of mathematics in developing countries" (Monastir, 3-7 Février 1986), M. Amara & al. (édit.), Tunis, 10 pp.
- DJEBBAR, A. 1987 = 1992 : *Le traitement des fractions dans la tradition mathématique arabe du Maghreb*, Actes du Colloque International sur les fractions (Paris, Janvier 1987). In P. BENOIT, K. CHEMLA et J. RITTER (édit.) : *Histoire de fractions, fractions d'histoire*, Bâle-Boston-Berlin, Birkhäuser Verlag, 1992, Chapitre XII, pp. 223-245.
- DJEBBAR, A. 1988a = 1989 : *Le contenu de l'enseignement mathématique dans le Nord de l'Afrique au moyen-âge et son rôle dans l'enseignement actuel*, Actes du 6^e Congrès International sur l'Enseignement des Mathématiques (Budapest, 27 Juillet-3 Août 1988). Résumé paru, sous le titre "The contents of mathematics teaching in North Africa in the Middle Ages and its role in present day teaching". In : C. Keitel, P. Damerow, A. Bishop & P. Gerdes (édit.), *Mathematics, Education, and Society*, UNESCO, Paris 1989, pp. 3-4.
- DJEBBAR, A. 1988b = 1990 : *Quelques éléments nouveaux sur les activités mathématiques arabes dans le Maghreb oriental (IX^e-XVI^e siècles)*, Actes du Deuxième Colloque Maghrébin d'Histoire des Mathématiques Arabes (Tunis, 1-3 Décembre 1988), Tunis, Université de Tunis I-I.S.E.F.C.-A.T.S.M., 1990, pp. 53-73.
- DJEBBAR, A. 1988c = 1991 : *Mathématique et linguistique dans le Moyen-âge arabe. L'exemple de l'analyse combinatoire au Maghreb*, Actes du Colloque "Le Moyen-âge et la Science" (Orléans, 22-23 Avril 1988), Paris, Kincksieck, 1991, pp. 15-29.
- DJEBBAR, A. 1990a : *al-Qalaṣādī : ‘Ālim andalusī-maghāribī min al-qarn al-khāmis ‘ashar* [al-Qalaṣādī : un savant andalo-maghrébin du XV^e siècle], *Revue Arabe des Technologies*, n° 9, pp. 12-23.
- DJEBBAR, A. 1990b : *Les activités mathématiques dans le Maghreb central (XII^e-XIX^e siècles)*, 3^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes, Alger, 1-3 Décembre 1990. A Paraître.
- DJEBBAR, A. 1990c : *Mathématiques et Mathématiciens du Maghreb médiéval (IX^e-XVI^e siècles) : Contribution à l'étude des activités scientifiques de l'Occident musulman*, Thèse de Doctorat, Université de Nantes, 850 pp.
- DJEBBAR, A. 1990d : *Quelques remarques sur les versions arabes des Eléments d'Euclide et leur transmission à l'Occident musulman*, Actes du Colloque International "Mathematical

- problems in the Middle Ages-Arabic and Latin Texts*" (Wolfenbüttel, 18-22 Juin 1990), Wiesbaden, Harrassowitz Verlag, 1996, pp. 104-111.
- DJEBBAR, A. 1991a : *an-Nashātāt al-‘ilmiyya fī Murrākush fī l-qarnayn ath-thānī ‘ashar wa th-thālith ‘ashar* [Les activités scientifiques à Marrakech aux XII^e-XIII^e siècles], *Revue Arabe des Technologies*, n° 15, pp. 13-25.
- DJEBBAR, A. 1991b : *Ba‘d mazāhir an-nashātāt ar-riyyādiyya fī mudun al-Maghrib ash-sharqī mā bayna al-qarnayn at-tāsi^c wa s-sādis ‘ashar* [Quelques aspects des activités mathématiques dans les villes du Maghreb oriental entre le IX^e et le XVI^e siècle], *Revue arabe des Technologies*, n° 17, pp. 12-23.
- DJEBBAR, A. 1994a : *Ba‘d al-‘anāṣir ḥawla an-nashātāt ar-riyyādiyya fī l-Maghrib al-kabīr mā bayna al-qarnayn at-tāsi^c wa t-tāsi^c ‘ashar* [Quelques éléments sur les activités mathématiques au Maghreb entre le IX^e et le XIX^e siècle], Séminaire National de Ghardaïa (Algérie), Avril 1993. A paraître.
- DJEBBAR, A. 1994b : *La tradition arithmétique euclidienne dans le Kitāb al-istikmāl d'al-Mu'taman et ses prolongements en Andalus et au Maghreb*, Actes du 5^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Tunis, 1-3 Décembre 1994), Tunis, A.T.S.M., 1998, pp. 62-84.
- DRAMANI-ISSIFOU, Z. 1982 : *L'Afrique Noire dans les relations internationales au XV^e-XVI^e siècles*, Paris, Karthala.
- EL-FASI, M. & HRBEK, I. 1990 : *Histoire Générale de l'Afrique, L'Afrique du VII^e au XI^e siècle*, Vol. III (El-Fasi & I. Hrbek directeurs), Paris, UNESCO/NEA.
- FASI (AL-), M. 1942 : *urjūzat Ibn al-Yāsamīn fī l-judhūr* [Le poème d'Ibn al-Yāsamīn sur les radicaux], *Majallat Risālat al-Maghrib*, 1^e année, n° 1.
- FASI (AL-), M. 1958 : *Ibn al-Bannā al-‘adadī al-Murrākushī* [Ibn al-Bannā le numéricien de Marrakech], Madrid, *Ṣaḥīfat Ma‘had ad-dirāsāt al-islāmiyya*, n° 1-2, Vol. VI. pp. 1-10.
- GANNOUN, A. (non datée) : *Dhikrāyāt mashāhīr rijāl al-Maghrib* [Evocation des hommes illustres du Maroc], Beyrouth, Dār al-kitāb al-lubnānī.
- GANNOUN, A. 1961 = 1975 : *an-Nubūgh al-maghribī fī l-adab al-‘arabī* [Le génie marocain en littérature arabe], Beyrouth, Dār al-kitāb al-lubnānī, 3^e édit, 3 Vol.
- GANNOUN, A. 1964 : *Talqīh al-afkār fī l-‘amal bi rushūm al-ghubār li Ibn al-Yāsamīn* [la "greffe des esprits pour l'utilisation des chiffres de poussière" d'Ibn al-Yāsamīn] *Majallat al-baḥth al-‘ilmī*, n° 1, pp. 181-190.
- GANNOUN, A. 1965 : *Ibn al-Bannā al-‘adadī* [Ibn al-Bannā le numéricien] *Al-Baḥth al-‘ilmī*, 40.

- GERDES, P. 1992 : On the History of Mathematics in Africa South of the Sahara [Sur l'Histoire des Mathématiques en Afrique au Sud du Sahara], *AMUCHMA-Newsletter* 9, pp. 3-32.
- GERDES, P. 1994 : On Mathematics in the History of Sub-Saharan Africa [Sur les Mathématiques dans l'Histoire de l'Afrique sub-saharienne], *Historia Mathematica* 21, pp. 345-376.
- GUERGOUR, Y. 1986 = 1988 : *Un mathématicien du Maghreb, Ibn Qunfudh al-Qasānīnī (740-809/1339-1406)*, Actes du 1^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Alger, 1-3 Décembre 1986), Alger, Maison du livre, 1988, pp. 11-23.
- GUERGOUR, Y. 1990 : *Les écrits mathématiques d'Ibn Qunfudh (1339-1409)*, Magister d'Histoire des Mathématiques, Alger, E. N. S.
- HADFI, H. 1989 : *ar-Riyādiyyāt bi Ifrīqyā khilāl al-qurūn al-wustā : Jarba* [Les Mathématiques en Ifriqiya au moyen-âge : Jerba], Diplôme d'Etudes approfondies, Université de Tunis 1, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, 1989, 258 p.
- HADJ-SADOK, M. : *Ibn Qunfudh*. In : Encyclopédie de l'Islam. Nouvelle édition.
- HAFNAWI (AL-), A. M. 1982 : *Ta'rif al-khalaf bi rijāl as-salaf* [<Livre qui> fait connaître les hommes du passé aux <générations> postérieures], Beyrouth, Mu'assasat ar-risāla - Tunis, al-maktaba al-^catīqa.
- HĀJJĪ KHALĪFA 1982 : *Kashf az-zunūn 'an asāmi l-kutub wa l-funūn* [Dissipation des doutes au sujet des noms des livres et des arts], Beyrouth, Dār al-fikr.
- HAJJI, M. 1976 : *Sharaf at-tālib fī asnā al-ma'tālib li Ibn Qunfudh al-Qasānīnī* [l'honneur de l'étudiant dans les buts les plus élevés d'Ibn Qunfudh al-Qasānīnī], Rabat.
- HARBILI, A. 1996 : Al-^cUqbānī, sa vie et ses écrits mathématiques, *Cahier du Séminaire Ibn al-Haytham* n° 7, Alger, E. N. S. A paraître.
- HIMSI, B. 1979 : *Urjūzat Ibn al-Yāsāmīn fī l-jabr wa l-muqābala* [Le poème d'Ibn al-Yāsāmīn sur l'Algèbre], 2^e Symposium International sur l'Histoire des Sciences chez les Arabes, Alep, Résumé des communications, pp. 76-78.
- HOGENDIJK, J. P. 1986 : *Le roi géomètre al-Mu'taman Ibn Hūd et son livre de la perfection (Kitāb al-Istikmāl)*, Actes du 1^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Alger, 1-3 Décembre 1986), Alger, La Maison des Livres, 1988, pp. 51-66.
- IBN ABĪ UṢAYBĪ^cA (non datée) : *'Uyūn al-anbā' fī ṭabaqāt al-aṭibbā'* [Les informations les plus précieuses sur les classes des médecins], Nizār Riḍa (édit.), Beyrouth, Dār maktabat al-ḥayāt.
- IBN AL-ABBĀR 1886 : *at-Takmila li kitāb aṣ-Ṣila* [Le complément au livre aṣ-Ṣila], Codera & Zaydin (édit.). Madrid, Bibliotheca Arabico-Hispana, Vol. VII.

- IBN AL-AKFĀNĪ 1990 : *Irshād al-qāṣid ilā asnā l-maqāṣid* [Guide de celui qui vise les plus nobles buts], A. M. Al-Hurr & A. H. °Abdarrahmān (édit.).
- IBN AL-FARADĪ 1966 : *Tārīkh °ulamā' al-Andalus* [Histoire des savants d'al-Andalus], Le Caire, ad-Dār al-miṣriyya li t-ta'līf wa t-tarjama.
- IBN AL-QĀDĪ 1934 : *Durrat al-ḥijāl fī ghurrat asmā' ar-rijāl* [La perle des lits nuptiaux sur l'élite des noms des hommes], Allouche, Y. S. (édit.), Rabat.
- IBN AL-QIFṬĪ (non datée) : *Ikhbār al-°ulamā' bi akhbār al-ḥukamā'* [Information des savants sur la vie des sages], Beyrouth, Dār al-āthār.
- IBN BUSHKUWĀL 1966 : *Kitāb aṣ-ṣila* [Le livre de la relation], Le Caire, ad-Dār al-miṣriyya li t-ta'līf wa t-tarjama, 2 vol.
- IBN °ABD AL-MALIK 1964-1984 : *adh-Dhayl wa t-takmila li kitābay al-Mawṣūl wa ṣ-Ṣila* [L'appendice et le complément aux deux livres *al-Mawṣūl* et *ṣ-Ṣila*], Iḥsān °Abbās et Muḥammad Benshrifa (édit.), Beyrouth, Dār ath-thaqāfa (Vols. 1, 4, 5 et 6), Rabat, Maṭba°at al-ma°arif al-jadīda (Vols. 2, 3, 7 et 8).
- IBN °AQNĪN 1873 : *Ṭibb an-nufūs* [La Médecine des âmes]. In Gūdmann, *Das Jüdische Unterrichtswesen Während der Spanisch-Arabischen Periode*, Vienne.
- IBN °IDHĀRĪ 1951 : *al-Bayān al-mughrib fī akhbār al-Maghrib* [L'explication surprenante sur les événements du Maghreb], G. S. Colin et E. Lévi-Provençal (édit.), I-II.
- IBN IBRĀHĪM, °Abbās 1974 : *al-I°lām bi man ḥalla bi Murrākush wa Aghmāt min al-a°lām* [L'information sur les gens illustres qui ont séjourné à Marrakech et à Aghmat], Rabat, Imprimerie royale, 10 vol.
- IBN JULJUL 1955 : *Ṭabaqāt al-aṭibbā' wa l-ḥukamā'* [Classe des médecins et des sages], Fuad Sayyid (édit.) Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale.
- IBN KHALDŪN, °Abd ar-Raḥmān 1967 : *al-Muqaddima* [L'Introduction], Beyrouth, Dār al-kitāb al-lubnānī, Vol. I. Trad. française : De Slane, *Prolégomènes*, Paris, 1844-62, Nouvelle traduction : V. Monteil, *Discours sur l'Histoire Universelle*, Paris, Sindbad, 1978, 3 Vol.
- IBN KHALDŪN, °Abd ar-Raḥmān 1979 : *at-Ta°rīf bi Ibn Khaldūn* [Présentation d'Ibn Khaldūn], Beyrouth, Dār al-kitāb al-lubnānī - Le Caire, Dār al-kitāb al-miṣrī.
- IBN KHALDŪN, Yaḥyā 1980 : *Bughyat ar-ruwwād fī dhikr al-mulūk min banī °Abd al-wād* [La convoitise des chercheurs au sujet de l'évocation des rois Banū °Abd al-wād], Alger, Bibliothèque Nationale, Vol. I.

- IBN KHILLIKĀN 1978 : *Wafayāt al-a'yān wa anbā' abnā' az-zamān* [Nécrologie des notables et chroniques des gens de l'époque], Iḥsān 'Abbās (édit.), Beyrouth, Dār Ṣādir.
- IBN MARYAM 1908 : *al-Bustān fī dhikr al-awliyā' bi Tilimsān* [Le jardin sur l'évocation des saints de Tlemcen], M. Bencheneb (édit.), Alger.
- IBN QUNFUDH 1980 : *Kitāb al-wafayāt* [Livre des nécrologies], A. Nuwayhid (édit.), Beyrouth, Dār al-āfāq al-jadīda.
- IBN SA'ĪD 1945 : *al-Ghuṣūn al-yāni'a fī maḥāsīn shu'arā' al-mi'a as-sābi'a* [Les branches mûres sur les mérites des poètes du septième siècle], Al-Ibyārī (édit.), Le Caire, Dār al-ma'ārif.
- IBN SA'ĪD 1978 : *al-Mughrib fī ḥulā l-Maghrib* [Le <livre> surprenant sur les parures du Maghreb], Ḍayf (édit.), Le Caire, Dār al-ma'ārif, 3^e édition.
- IBN SAGHĪR 1907 : *Chronique d'Ibn Saghīr sur les imams rostémides de Tahert*, Motylinski (édit. et trad.), In : Actes du XIV^e Congrès des Orientalistes, 3^e partie.
- IBN TAMĪM (non datée) : *Ṭabaqāt 'ulamā' Ifrīqiya* [Classes des savants d'Ifrīqiya], M. Bencheneb (édit.), Réimpression partielle : Beyrouth, Dār al-kitāb al-lubnānī.
- IDRIS, H. R. 1962 : *La Berbérie orientale sous les Zirides*, Paris, Adrien Maisonneuve, 2 Vol.
- JĪṬĀLĪ (AL-) 1886 : *Kitāb maqāyīs al-jurūḥ wa istikhrāj al-majhūlāt* [Livre sur les mesures des blessures et sur la détermination des inconnues], Lithographie, Le Caire, al-Maṭba'a al-Bārūniya.
- JULIEN, Ch. A. 1969 : *L'histoire de l'Afrique du Nord*, Paris, Payot, 2^e édition.
- KABLY, M. 1987 : *Qaḍīyyat al-Madāris al-marrīniya, mulāḥaḍāt wa ta'amulāt* [La question des Madrasas mérinides, remarques et réflexions]. In : *Murāja'āt ḥawla l-mujtama' wa th-thaqāfa bi l-Maghrib al-wasiṭ* [Etudes sur la société et la culture dans le Maroc médiéval], Casablanca, Tubkal.
- KANI, A. 1992a : *The History of 'Ilm al-ḥisāb (Arithmetic) in Nigeria*. In G. Thomas-Emeagwali (édit) : *Science and Technology in African History*, Edwin Mellen Press.
- KANI, A. 1992b : *Mathematics in the Central Bilād Al-Sudān*. In G. Thomas-Emeagwali (édit) : *The Historical Development of Science and Technology in Nigeria*, Edwin Mellen Press, Chap. II, pp. 17-36.
- KARAJĪ(AL-) 1989 : *al-Kitāb al-Kāfī li l-Karajī* [Le Livre suffisant d'al-Karajī], S. Chelhoub (édit.), Alep, I. H. A. S.

- KENNEDY, E. S. & KING, D. A. 1982 : Indian Astronomy in Fourteenth Century Fez : The Versified Zīj of al-Qusunṭīnī [L'Astronomie indienne au XIV^e siècle à Fez : le Zīj versifié d'al-Qusunṭīnī], *Journal for the History of Arabic Science* 6, Alep, I. H. A. S. pp. 3-45.
- KHAṬṬĀBĪ (AL-), M. L. 1986a : Risālat Ibn al-Bannā °alā aṣ-ṣafīḥa az-zarqāliyya al-jāmi°a [L'épître d'Ibn al-Bannā sur l'astrolabe universel plat d'az-Zarqālī], *Revue Da °wat al-ḥaqq* (Rabat), n° 241, pp. 20-25; n° 242, pp. 19-24.
- KHAṬṬĀBĪ (al-), M. L. 1986b : Risālatān fī °ilm al-misāḥa li Ibn ar-Raqqām wa Ibn al-Bannā [Deux épîtres d'Ibn ar-Raqqām et Ibn al-Bannā sur la science du mesurage] *Revue Da °wat al-ḥaqq* (Rabat), n° 256, pp. 39-47.
- KHAṬṬĀBĪ (al-), M. L. 1986c : *°ilm al-mawāqīt*, [La science de la détermination du temps], Rabat.
- KHAṬṬĀBĪ (al-), M. L. 1987 : Sharḥal-Iksīr fī °ilm at-taksīr li Abī °Abdallah Ibn al-Qāḍī [Commentaire de l'élixir sur la science du mesurage d'Abū °Abdallah Ibn al-Qāḍī], *Revue Da °wat al-ḥaqq*, n° 258, pp. 77-87.
- KING, D. A. 1988 = 1990 : *An overview of the sources for the history of Astronomy in the medieval Maghrib* [Panorama sur les sources de l'Histoire de l'Astronomie dans le Maghreb médiéval], Actes du 2^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Tunis, 1-3 Décembre 1988), Tunis, Université de Tunis I-A. T. S. M. 1990, pp. 125-157.
- KOUIDRI, K. 1999 : *Ṭarīqat al-khaṭa°yn fī t-taqlīd ar-riyyāḍī al-°arabī* [La méthode de fausse position dans la tradition mathématique arabe], Magister en Histoire des Mathématiques, Alger, E. N. S.
- LAABID, E. 1990 : *Arithmétique et Algèbre d'héritage selon l'Islam, deux exemples : Traitée d'al-Ḥubūbī (X^e-XI^e s.) et pratique actuelle au Maroc*, Mémoire de Maîtrise Université du Québec à Montréal.
- LAMRABET, D. 1981 : *La mathématique maghrébine au moyen-âge*, Thèse de Post-graduation, Université Libre de Bruxelles.
- LAMRABET, D. 1994a : *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines*, Rabat, Imprimerie al-Ma°arif al-jadīda.
- LAMRABET, D. 1998 : *Le pourquoi de l'étude des mathématiques selon quelques savants maghrébins*, Actes du 5^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes, (Tunis, 1-3 Décembre), pp. 101-108.
- LAPOUSTERLE, P. 1990 : *Description de trois manuscrits mathématiques de la bibliothèque Aḥmad Bābā de Tombouctou (Mali)*, Actes du 3^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes, Alger, 1-3 Décembre, p. 277-278 (résumé).
- LAROUÏ, A. 1970 : *L'histoire du Maghreb, un essai de synthèse*, Paris, Maspéro.

- MAHFŪZ, M. 1982 : *Tarājim al-mu'allifīn at-tūnisiyyīn* [Biographies des auteurs tunisiens], Beyrouth, Dār al-gharb al-islāmī.
- MAKHLŪF, M. 1930 : *Shajarat an-nūr az-zakiya fī ṭabaqāt al-mālikiya* [L'arbre de la lumière pure sur les Catégories des savants malékites], Le Caire.
- MANOUNI (AL-), M. 1965 : Asātidhat al-handasa wa mu'allifūhā fī l-Maghrib as-sa^cdī [Les professeurs de Géométrie et ses auteurs dans le Maghreb sa^cadien], *Revue Da'wat al-ḥaqq* (Rabat), **3**, pp. 101-104.
- MANOUNI (AL-), M. 1977 : *Al-ʿulūm wa l-ādāb wa l-funūn ʿalā ʿahdi l-Muwwaḥḥidīn* [Les sciences, les lettres et les arts à l'époque des Almohades], Rabat.
- MANOUNI (AL-), M. 1979: *Waraqāt ʿan al-ḥaḍāra al-maghribiyya fī ʿaṣr Banī Marrīn* [Feuillets sur la civilisation marocaine à l'époque des Mérinides], Rabat, Imprimatlas.
- MANOUNI (AL-), M. 1985 : Nashāṭ ad-dirāsāt ar-riyāḍiyya fī Maghrib al-ʿaṣr al-waṣīṭ ar-rābi^c [Activité des études mathématiques dans le Maroc de la quatrième période du moyen-âge], *Revue Al-Manāhil*, Rabat, n° **33**, pp. 77-115.
- MANOUNI (AL-), M. 1989 : *Ḥaḍārat al-Muwaḥḥidīn* [La civilisation des Almohades], Casablanca, Dār Tubqāl.
- MAQQARĪ (al-) 1968 : *Nafḥ at-ṭīb min ghuṣn al-Andalus ar-raṭīb* [Senteur du parfum de la tendre branche d'al-Andalus], Dozy (édit.), Leide, 1860; Iḥsān ʿAbbās (édit.), Beyrouth, Dār Ṣādir, 8 Vols.
- MARRE, A. 1864 : Le Talkhys d'Ibn Al-banna, *Atti dell'Accademia Pontificia de Nuovi Lincei*, 17, pp. 289-319.
- MESBAHI, M. 1990 : *La double nature de l'un chez Ibn Rushd*, 3^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes, Alger, 1-3 Décembre. A paraître.
- MOULINE, M. R. 1946 : *ʿAṣr al-Manṣūr al-Muwaḥḥidī* [L'époque d'al-Manṣūr l'almohade], Rabat, Maṭbaʿat ash-Shamāl al-Ifriqī.
- MURRĀKUSHĪ (AL-), H. 1984 : *Jāmi al-mabādi' wa l-ghāyat fī ʿilm al-mīqāt* [Somme des principes et des buts dans la science de la mesure du temps], Fac-similé, F. Sezgin (édit.), Vol. I-II. Frankfurt, Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften.
- NIANE, D. T. 1975a : *Le Soudan occidental au temps des grands empires, XI^e-XVI^e*, Paris, Présence Africaine.
- NIANE, D. T. 1975b : *Recherches sur l'empire du Mali au moyen-âge*, Paris, Présence Africaine.
- NIANE, D. T. (Dir.) 1985 : *Histoire Générale de l'Afrique, Vol. IV : L'Afrique du XII^e au XVI^e siècle*. Paris, UNESCO/NEA.

- NU^cMĀN (AN-) 1978 : *Kitāb al-majālis wa l-musāyarāt* [Le livre des réunions et des rivalités], Tunis, Imprimerie Officielle.
- NUWAYHID, ^cA. 1971 : *Mu^cjam a^clām al-Jazā'ir* [Dictionnaire des personnes illustres d'Algérie], Beyrouth, T. O. P. D. P., 1^e édition.
- PUIG, R. 1998 : *La Risāla fī l-^camal bi ṣ-ṣafīḥa d'Ibn al-Bannā al-Murrākushī* [L'épître sur l'utilisation de l'astrolabe universel d'Ibn al-Bannā al-Murrākushī], Actes du 5^e Colloque maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Tunis, 1-3 Décembre 1994), pp. 226-235.
- RASHED, R. 1978 : L'extraction de la racine n^{ième} et l'invention des fractions décimales (XI^e-XII^e siècles), *Archive for History of Exact Sciences*, Vol. 18, n^o 3, pp. 191-243.
- RASHED, R. & AHMAD, S. 1972 : *Al-Bāhir fī l-jabr* [Le livre éblouissant en Algèbre], Damas, Université de Damas.
- REBSTOCK, U. 1989 : *Sammlung arabischer Handschriften aus Mauritania* [Collection de manuscrits arabes de Mauritanie], Wiesbaden.
- REBSTOCK, U. 1992 : *Rechnen im islamischen Orient* [Calculer dans l'Orient musulman], Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- RENAUD, H. P.-J. 1933 : L'enseignement des sciences exactes et l'édition d'ouvrages scientifiques au Maroc avant l'occupation européenne, *Hesperis*, XVI, pp. 78-89.
- RENAUD, H. P.-J. 1937 : Sur les dates de la vie du mathématicien arabe marocain Ibn al-Bannā' (XII^e-XIII^e s. J.C.), *Isis*, Vol. XXVII, 2, pp. 216-218.
- RENAUD, H. P.-J. 1938 : Ibn al-Bannā' de Marrakech, sufi et mathématicien (XII^e-XIII^e s. J.C.), *Hesperis* XXV, pp. 13-42.
- RENAUD, H. P.-J. 1941 : Déterminations marocaines de l'obliquité de l'écliptique, *Bulletin de l'enseignement public*, Octobre-Décembre, n^o 170, pp. 321-336.
- RENAUD, H. P.-J. 1942 : Astronomie et Astrologie marocaine, *Hesperis* XXIX, pp. 41-63.
- RENAUD, H. P.-J. 1944 : Sur un passage d'Ibn Khaldūn relatif à l'histoire des mathématiques, *Hesperis* XXXI, 35-47.
- RENAUD, H. P.-J. 1945 : Sur les lunes du Ramadan, *Hesperis* XXXII, pp. 51-68.
- RENAUD, H. P.-J. 1948 : *Le calendrier d'Ibn al-Bannā de Marrakech*, Paris.
- RENAUD, H. P.-J. & COLIN, J.S. 1938 : Note sur le muwaqqit marocain Abū Muqri^c-ou mieux Abū Miqra^c al-Baṭṭīwī, *Hesperis*, 1^e trimestre, pp. 94-96.
- RENAUD, H. P.-J. 1932-33 : Additions et Corrections à Suter "Die Mathematiker und Astronomen der Araber", *Isis*, vol. 18, pp. 166-83.
- ṢĀ^cID AL-ANDALUSĪ 1912 : *Kitāb ṭabaqāt al-umam* [Livre des catégories des nations], Louis Cheikho (édit.), Beyrouth, Imprimerie catholique; R. Blachère (trad.), Paris, 1935. Nouvelle édition : H. Bu^calwane, Beyrouth, Dār aṭ-ṭalī^ca, 1985.

- SADALLAH, A. 1986 = 1988: *Quelques pratiques scientifiques en Algérie à l'époque du retard scientifique (XV^e-XVIII^e s.)*, Actes du 1^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Alger, 1-3 Décembre 1986), Alger, Maison du livre, pp. 25-35.
- SADALLAH, A. 1990 : *Présentation du livre d'Ibn Hamadūsh sur la Sphère céleste*, 3^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes, Alger, 1-3 Décembre 1990. A paraître.
- SAIDAN, A. S. 1984 : *Kitāb al-maqālat fī l-ḥisāb li Ibn al-Bannā* [Livre des quatre épîtres sur le Calcul d'Ibn al-Bannā], Amman.
- SAIDAN, A. S. 1986 : *ʿIlm al-jabr fī l-Maghrib al-ʿarabī* [La science de l'Algèbre dans le Maghreb arabe]. In : *Tārīkh ʿilm al-jabr fī l-ʿālam al-ʿarabī* [Histoire de la science de l'Algèbre dans le monde arabe], Vol. 2, Koweït, pp. 398-613.
- SAMSO, M. J. 1992 : *El legado científico Andalusi* [L'héritage scientifique andalou], Museo Arqueológico Nacional, Madrid.
- SAMSO, M. J. 1994 : *Ibn al-Bannā', Ibn Ishāq and Ibn az-Zarqālluh's Solar Theory* [La théorie solaire d'Ibn al-Bannā et d'Ibn az-Zarqālluh] In *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, Variorum, Ashgate Publishing, 1994, X.
- SAMSO, M. J. 1994 : *Les tables d'équations planétaires du zīj d'Ibn al-Bannā*, 5^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes, Tunis, 1-3 Décembre. A paraître.
- SAMSO, M. J. & MIELGO, H. 1994 : *Ibn Ishāq al-Tūnisī and Ibn Muʿādh al-Jayyānī on the Qibla* [Ibn Ishāq at-Tūnusī et Ibn Muʿādh al-Jayyānī sur la direction de la Mecque]. In : *Islamic Astronomy and Medieval Spain* [Astronomie islamique et Espagne médiévale], Variorum, Ashgate Publishing, 1994, VI.
- SANCHEZ-PEREZ, J. A. 1916 : *Compendio de Algebra de Abenbeder* [Le recueil d'algèbre d'Ibn Badr], Edition, traduction espagnole et analyse mathématique, Madrid.
- SARTON, G. 1927 : *Introduction to the History of Science* [Introduction à l'Histoire des Sciences], Baltimore.
- SEDILLOT, I.-A. 1844 : *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, Paris.
- SEDILLOT, J. J. & SEDILLOT, I.-A. 1834-35 = 1984 : *Traité des instruments astronomiques des Arabes composé au treizième siècle par Aboul Hassan Ali, de Maroc ...* Traduit de l'arabe par J. J. Sédillot et publié par I. A. Sédillot, Vol. I-II, Paris. Fac-similé, F. Sezgin (édit.), Frankfurt, Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften.
- SESIANO, J. 1994 : *Quelques méthodes arabes de construction des carrés magiques impairs*, *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 83.1 : 51-76.
- SEZGIN, F. 1974-1978 : *Geschichte des arabischen Schrifttums* [Histoire des écrits en arabe], Band V, 1974 : Mathematik, Band VI, 1976 : Astronomie, Band VII, 1978 : Astrologie; bis ca. 430 H., Leiden, Brill.

- SHAWQI, J. 1988 : *Manzūmāt Ibn al-Yāsamīn fī a‘māl al-jabr wa l-ḥisāb* [Les poèmes d'Ibn al-Yāsamīn sur les procédés de l'Algèbre et du Calcul], Koweit, Mu'assasat al-Kuwayt li t-taqaddum al-‘ilmī.
- SHIHABI, N. 1979 : *an-Niẓām al-falakī ar-rushdī wa l-bay'a al-fikriyya fī dawlat al-muwahḥidīn* [Le système astronomique d'Ibn Rushd et l'environnement intellectuel dans l'Etat almohade], Actes du colloque sur Ibn Roshd (Rabat, 21-23 Avril 1978), Casablanca, Dār an-nashr.
- SOUISSI, M. 1969 : *Ibn al-Bannā' al-Murrākushī, Talkhīṣ a‘māl al-ḥisāb* [Ibn al-Bannā' de Marrakech, L'abrégé des opérations du Calcul]. Edition, traduction française et commentaires, Tunis : Publications de l'Université de Tunis.
- SOUISSI, M. 1972 : *‘Ālim riyyāḍī andalusī tūnusī al-Qalaṣādī* [Un savant-mathématicien andalou-tunisien, al-Qalaṣādī], Bulletin de l'Université de Tunis, n° 9, pp. 33-49.
- SOUISSI, M. 1973 Sharḥ ṣafḥa min Muqaddimat Ibn Khaldūn fī l-‘ulūm al-‘adadiyya [Explication d'une page de la *Muqaddima* d'Ibn Khaldūn sur les sciences arithmétiques], *Bulletin de l'Université de Tunis*, n° 10, pp. 87-93.
- SOUISSI, M. 1976 : *Un texte d'Ibn al-Bannā' sur les nombres parfaits, abondants, déficients et amiables*, International Congress of Mathematical Sciences, Karachi, 14-20 Juillet 1975. Version arabe : Bulletin de l'Université de Tunis, n° 13, pp. 193-209.
- SOUISSI, M. 1982 : Présentation et analyse du livre 'Somme des principes et des conclusions', *Cahiers de Tunisie*, Tome XXX, 1982, pp. 273-286. Version arabe, in : *Revue de l'Institut des Manuscrits Arabes* (Koweit), Vol. 1, 1^e partie, Janvier-Juin 1982, pp. 63-71.
- SOUISSI, M. 1983a : *Bughyat aṭ-ṭullāb fī sharḥ Munyat al-ḥussāb li Ibn Ghāzī al-Miknāsī al-Fāsī* [Désir des étudiants sur le commentaire du "Voeu des calculateurs" d'Ibn Ghāzī al-Miknāsī al-Fāsī], Alep, Institut for the History of Arabic Science.
- SOUISSI, M. 1983b : *al-Lum‘a al-māradīniyya fī sharḥ al-Yāsamīniyya li l-Māradīnī* [La lumière maradinienne sur le commentaire du poème d'Ibn al-Yāsamīn par al-Māradīnī], Koweit, al-Majlis al-waṭanī li th-thaqāfa wa l-funūn wa l-ādāb.
- SOUISSI, M. 1984 : *al-Ashkāl al-misāḥiya li Abī l-‘Abbās Aḥmad Ibn al-Bannā' al-Murrākushī* [Les formules des aires d'Ibn al-Bannā], *Revue de l'Institut des Manuscrits Arabes*, Koweit, Vol. 28, 2, Juillet-Décembre, pp. 491-520.
- SOUISSI, M. 1988a : *Kashf al-asrār ‘an ‘ilm ḥurūf al-ghubār* [Révélation des secrets relatifs à la science des chiffres de poussière], Tunis, ad-Dār al-‘arabiyya li l-kitāb - Carthage, Bayt al-Ḥikma.

- SOUISSI, M. 1988b : *L'école mathématique maghrébine : quelques exemples de ses travaux et certaines de ses particularités*, Actes du 1^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Alger, 1-3 Décembre 1986), Alger, Maison du livre, pp. 9-23.
- SOUISSI, M. 1990 : *L'enseignement des mathématiques en Arabe au Maghreb, en particulier à Tunis au 13^e siècle et dans la première partie du 14^e siècle de l'Hégire*, Actes du 3^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Alger, 1-3 Décembre 1990), partie arabe, pp. 31-37.
- STEINSCHNEIDER, M. 1858-1882 = 1972 : *Hebraische Bibliographie* [Bibliographie hébraïque]. Nous nous référons à l'édition de 1972 (Fac-similé de l'édition de 1858-1882), New York, Olms, 4 vols.
- STEINSCHNEIDER, M. 1877 : Rectification de quelques erreurs relatives au mathématicien arabe Ibn al-Bannā, *Bulletino di Bibliografia e di Storia Delle Scienze Matematiche e Fisiche (Boncompagni)* **10**, 313-314.
- STEINSCHNEIDER, M. 1880 : Abhandlung zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften im XII Jahrhundert [Dissertation sur l'Histoire des sciences mathématiques jusqu'au XII^e siècle], *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, **25**, 57-128.
- STEINSCHNEIDER, M. 1893 : *Die hebräischen Übersetzungen des Mittelalters und die Juden als Dolmetscher* [Les traductions hébraïques du moyen-âge et les Juifs comme traducteurs], 2 Vols, Berlin, Bibliographisches Bureau.
- STEINSCHNEIDER, M. 1964 : *Mathematik bei den Juden* [Les Mathématiques par les Juifs], Leipzig, 1893-1899. Reproduit par Georg Olms, Hildesheim, 1964.
- SUTER, H. 1900 : *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke* [Les mathématiciens et les astronomes Arabes et leurs oeuvres], Leipzig, Teubner.
- SUTER, H. 1901 : Das Rechenbuch des Abū Zakarīyā el-Ḥaṣṣār [Le livre de calcul d'Abū Zakariyyā' al-Ḥaṣṣār], *Bibliotheca Mathematica*, série 3, **2**, 12-40.
- TALBI, M. 1968 : *Tarājim aghlabiyya* [Biographies aghlabides], Tunis, Publications de l'Université de Tunis.
- TAMBUKTĪ (AT-) (non datée) : *Nayl al-ibtihāj bi taṭrīz ad-dībāj* [l'acquisition de l'allégresse avec la broderie de brocart], Beyrouth, Dār al-kutub al-^oilmiyya.
- TAZĪ (AT-), A. 1965 : Al-arqām al-maghribiyya arqām ^oarabiyya aṣīla [Les chiffres maghrébins sont des chiffres arabes authentiques], *Al-Lisān al-arabī*, n° 2, p. 37.
- ṬŪQĀN, Q. H. 1963 : *Turāth al-^oArab al-^oilmī fī r-riyāḍiyyāt wa l-falak* [Le patrimoine scientifique arabe en Mathématique et en Astronomie], Beyrouth, Dār ash-shurūq.
- VERNET, J. G. 1952 : *Contribucion al estudio de la labor astronomica de Ibn al-Bannā* [Contribution à l'étude de l'oeuvre astronomique d'Ibn al-Bannā], Edition critique partielle, traduction espagnole et commentaires du *Kitāb Minhāj aṭ-ṭālib li ta^odīl al-kawākib* [Le guide de l'étudiant pour la correction des mouvements des astres] d'Ibn al-Bannā, Tetouan.

- VERNET, J. G. 1956 : *Les manuscrits astronomiques d'Ibn al-Bannā*, Actes du VIII^e Congrès International d'Histoire des Sciences, pp. 297-298.
- VERNET, J. G. 1978 : *La cultura hispanoarabe en Oriente y Occidente* [La culture hispano-arabe en Orient et en Occident], Madrid, Traduction française sous le titre "*Ce que la culture doit aux Arabes d'Espagne*", Paris, Sindbad, 1985.
- VERNET, J. G. & SAMSO, M. J. 1981 : *Panorama de la ciencia andalusi en el siglo XI* [Panorama de la science andalouse au XI^e siècle], Actas de la Jornadas de cultura arabe e islamica, Instituto Hispano-Arabe de cultura, Madrid.
- VOGEL, K. 1970-80 : *Fibonacci*, Dictionary of Scientific Biography, Gillispie (édit), pp. 604-13.
- WOEPCKE, F. 1854a : Note sur des notations algébriques employées par les Arabes, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Vol. 39, pp. 162-165.
- WOEPCKE, F. 1854b : Notice sur des notations algébriques employées par les Arabes, *Journal Asiatique*, 5^e série, Vol. 4, pp. 348-384.
- WOEPCKE, F. 1856-57 : Traduction d'un chapitre des Prolégomènes d'Ibn Khaldūn relatif aux sciences mathématiques, *A. A. P. N. L.*, Vol. 10, pp. 236-48.
- WOEPCKE, F. 1858-59 : Traduction du traité d'Arithmétique d'Aboul Haçan Ali Ben Mohammed Alkalçadi, *A. A. P. N. L.*, Vol. 12, pp. 230-275.
- YASĪN (AL-), M. H. 1973 : Dalīl jadīd ʿalā ʿurūbat al-arqām al-mustaʿmala fī l-Maghrib al-ʿarabī [Nouvelle preuve de l'arabité des chiffres utilisés dans le Maghreb arabe], *Al-Lisān al-ʿarabī*, Volume 10, Partie 1, pp. 231-233.
- YASIN (AL-), M. H. 1980 : Al-Arqām al-ʿarabiyya fī ḥālīhā wa tirḥālīhā [Les chiffres arabes dans leur état et dans leur circulation], *Āfāq ʿarabiyya*, n° 12, pp. 42-49.
- YOUSCHKEVITCH, A. P. 1976 : *Geschichte des Mathematik im Mittelalter* [Histoire des Mathématiques au moyen-âge], Leipzig, 1964, Traduction française partielle : Casenave, M. et Jaouiche, K. : *Les mathématiques arabes (VIII^e-XV^e siècles)*, Paris, Vrin.
- ZASLAVSKY, C. 1973 : *Africa counts : number and pattern in African culture* [L'Afrique calcule : nombre et dessin dans la culture africaine], New York, Lawrence Hill Books.
- ZEMOULI, T. 1986 = 1988 : *Le poème d'Ibn al-Yāsāmīn sur les nombres irrationnels quadratiques*, 1^e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes, Alger, 1-3 Décembre 1986. In : Actes du colloque (Version française), Alger, Maison du livre, 1988, pp. 11-23.
- ZEMOULI, T. 1993 : *Les écrits mathématiques d'Ibn al-Yāsāmīn (m. 1204)*, Magister d'Histoire des Mathématiques, Alger, E. N. S.
- ZERROUKI, M. 1995 : Abū l-Qāsīm al-Qurashī: ḥayātuhū wa mu'allafātuhū ar-riyyādiyya [Abū l-Qāsīm al-Qurashī : sa vie et ses écrits mathématiques], *Cahier du Séminaire Ibn al-Haytham* n° 5. Alger, E.N.S., pp. 10-19.

- ZIRIKLĪ (AZ-) 1980 : *al-A 'lām* [Les personnes illustres]. Beyrouth, Dār al-^cilm li l-malāyīn.
5^e édition.
- ZUBAYDĪ (AZ-) 1954 : *Ṭabaqāt an-naḥwiyīn wa l-lughawiyīn* [Classes des grammairiens et des linguistes], Le Caire.

Ahmed DJEBBAR
ahmed.djebbar@wanadoo.fr