دراسات
ISSN: 2090 – 0449 Online
ARCIF Arab Citation and Impact Factor, [Q3].
AIF Arab Impact Factor for Arabic Scientific Journals, [1.43].

بيلتا طليطلة
أعجوبة هندسة النوافير المائية في الأندلس

أ.د. عبد الله علي نوح
كلية الآداب والعلوم. المرج
جامعة بنغازي
دولة ليبيا

د. كريمة أحمد عوض
كلية السياحة والآثار. سوسة
جامعة عمر المختار
دولة ليبيا

مُلَخّص

شهدت صناعة النوافير في الأندلس الإسلامية تقدمًا ملحوظًا تشهد به الأعمال الهندسية التي خلدتها المصادر التاريخية، وظل بعضها لغزًا علميًا هندسيًا عجزت تقانة الأجيال اللاحقة عن تفسير سر صنعتها وفك هندسة تركيبها، ومنها نافورتان صنعهما المهندس عبد الرحمن الزرقالي بطريقة أعجزت معاصريها، ثم ظلت عصية على التفسير، لأن طريقة عملها تعتمد على ملء وإفراغ بيلتين في تلك النافورتين بطريقة آلية ترتكز على التوافق مع أيام الشهر القمري، بحيث تبدآن في الامتلاء بتصاعد تدريجي متناسق وبنسب ثابتة حتى منتصف الشهر القمري، ثم تبدآن في أول يوم من النصف الثاني من الشهر عملية إفراغ الماء بطريقة ذاتية، والعجيب أنه لو تدخل إنسان فزاد أو أنقص من مياههما، فإنهما بشكل ذاتي تصلحان زيادة أو إنقاص الماء داخلهما بالمقدار الصحيح الذي يجب أن يكون فيه ذلك اليوم وتلك الساعة، وكان مصير هاتين البيلتين التخريب على يد ملك قشتالي ومنجم يهودي بهدف معرفة آلية عملهما، الأمر الذي لم ينجح سوى في تعطيل عملهما. وقد أظهر البحث أن حوادث الأندلس السياسية والعسكرية المترافقة مع غزو المدن الإسلامية من قبل الإسبان، أثرت على مشاريع علمية حضارية، نعلم بعضها وانطمس خبر الكثير منها.

بيانات الدراسة:

تاريخ استلام البحث: ٠٤ يوليو ٢٠٢٣
تاريخ قبـول النشـر: ٠٥ أغسطس ٢٠٢٣

كلمات مفتاحية:

طليطلة؛ الأندلس؛ الحضارة الإسلامية؛ النافورة؛ علم الحيل

معرّف الوثيقة الرقمي: 10.21608/KAN.2023.339624

الاستشهاد المرجعي بالدراسة:

عبد الله علي نوح، كريمة أحمد عوض، "بيلتا طليطلة: أعجوبة هندسة النوافير المائية في الأندلس".- دورية كان التاريخية.- السنة السادسة عشرة- العدد الواحد والستون: سبتمبر ٢٠٢٣. ص ٥٨ – ٧٣.

Twitter: http://twitter.com/kanhistorique
Facebook Page: https://www.facebook.com/historicalkan
Facebook Group: https://www.facebook.com/groups/kanhistorique

Corresponding author: aa24083@gmail.com
Editor In Chief: mr.ashraf.salih@gmail.com
Egyptian Knowledge Bank: https://kan.journals.ekb.eg

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

نُشر هذا المقال في دَّورِيةُ كَان التَّارِيخِية للأغراض العلمية والبحثية فقط، وغير مسموح بإعادة النسخ والنشر والتوزيع لأغراض تجارية أو ربحية.

مُقدِّمَةٌ

في نص عجيب ورد عند المقري في كتاب نفح الطيب وعند الزهري في كتاب الجغرافية، وفي كتاب تاريخ الأندلس مجهول المؤلف، أمر يستوجب التوقف ويستدعي التأمل والشرح والتفسير، فهو نص يتحدث عن إحدى عجائب الأندلس الهندسية، وهما النافورتان المتماثلتان في مدينة طليطلة، حين كانت النافورة المائية تسمى عندهم (بيلة).

وهاتان البيلتان (النافورتان) تعملان حسب النص بطريقة عجيبة ترتبط تمامًا بالتقويم القمري وتحديدًا بحركة الشهر القمري، وظلتا تعملان بتناسق متواصل وفق حسبان نصف الشهر القمري، بحيث يبدآن بذات الوقت في الامتلاء البطيء من أول أيام الشهر القمري وبمعدلٍ ثابت حتى انتصاف الشهر تمامًا فيكونان قد امتلآ تمام الامتلاء، وبدءًا من اليوم التالي لنصف الشهر يبدآن بالتناقص بنفس القدر والمقدار إلى تمام الشهر فيفرغان تمامًا، ثم يباشران ذاتيًا في اليوم التالي وهو أول أيام الشهر اللاحق في معاودة الكرة الماضية، وهكذا دواليك، نصف شهر للامتلاء ونصف شهر للفراغ والخواء.

وفوق العجاب من أمر عمل البيلتين والسر العلمي وراء حركتهما، هناك أمر تاريخي سياسي ارتبط بخراب عملها وفساد نظامهما، حيث أمر الملك القشتالي ألفونس السابع (Alfonso VII) بتفكيكهما سنة (٥٢٨هـ/١١٣٣م)، بعدما دخل طليطلة وبمشورة وطلب من منجم يهودي اسمه حنين بن ربوة أو حنين بن زبرة، الذي طلب بأن يسمح له بتفكيك البيلتين ليرى طريقة عملهما ويجعلهما يمتلآن ويفرغان في يوم واحدٍ لا في شهرٍ كاملٍ، وكان غرضه الحق أن يعرف سر عمل البيلتين، في محاولة منه لفهم السر الهندسي الذي تعمل وفقه البيلتان.

فاتفق ذلك الطلب مع هوى ورغبة الملك ألفونس السابع وهكذا كان، بيد أن النتيجة التي حدثت هي أن حنين اليهودي فككهما دون علم ودراية هندسية، فبطل عملهما وفسد أمرهما، ولم يجد حيلة لإرجاعهما أو تطوير عملهما، فأفسد بتدبيره وبأمر الملك الإسباني اختراعًا إسلاميًا قلّ نظيره في الأزمان التالية، فما بالنا بزمنه ووقته.

١-خبر البيلتين من مصادره

لا بأس بدءًا ولكي نفهم المعنى ونستوضح السياق أن نسوق النص كاملًا كما جاء في كتاب نفح الطيب، ثم نحاول سبر أغواره واستخراج الوصف الذي أراد المقري ومن ساق النص مثله، إيصاله للقارئين عن تلك البيلتين العجيبتين.

يقول نص المقري: "ومن غرائب الأندلس: البيلتان اللتان بطليطلة، صنعهما عبد الرحمن لما سمع بخبر الطلسم الذي بمدينة أرين من أرض الهند، وقد ذكره المسعودي، وأنه يدور بإصبعه من طلوع الفجر إلى غروب الشمس، فصنع هو هاتين البيلتين خارج طليطلة في بيت مجوّف في جوف النهر الأعظم في الموضع المعروف بباب الدباغين، ومن عجبهما أنهما يمتلئان وينحسران مع زيادة القمر ونقصانه، وذلك أن أول انهلال الهلال يخرج فيهما يسير ماء، فإذا أصبح كان فيهما ربع سبعهما من الماء، فإذا كان آخر النهار كمل فيهما نصف سبع، ولا يزال كذلك بين اليوم والليلة نصف سبع حتى يكمل من الشهر سبعة أيام وسبع ليال، فيكون فيهما نصفهما، ولا تزال كذلك الزيادة نصف سبع في اليوم والليلة حتى يكمل امتلاؤهما بكمال القمر، فإذا كان في ليلة خمسة عشر وأخذ القمر في النقصان نقصتا بنقصان القمر كل يوم وليلة نصف سبع ، فإذا كان تسعة وعشرون من الشهر لا يبقى فيهما شيء من الماء، وإذا تكلّف أحد حين تنقصان أن يملأهما، وجلب لهما الماء، ابتلعا ذلك من حينهما حتى لا يبقى فيهما إلّا ما كان فيهما في تلك الساعة، وكذا لو تكلّف عند امتلائهما إفراغهما ولم يبق منهما شيئا ثم رفع يده عنهما خرج فيهما من الماء ما يملؤهما في الحين، وهما أعجب من طلّسم الهند لأن ذلك في نقطة الاعتدال حيث لا يزيد الليل على النهار، وأما هاتان فليستا في مكان الاعتدال، ولم تزالا في بيت واحد حتى ملك النصارى دمّرهم الله طليطلة، فأراد الفنش أن يعلم حركاتهما، فأمر أن تقلع الواحدة منهما لينظر من أين يأتي إليها الماء، وكيف الحركة فيهما، فقلعت، فبطلت حركتهما، وذلك سنة ٥٢٨ وقيل: إن

سبب فسادهما حنين اليهودي الذي جلب حمام الأندلس كلها إلى طليطلة في يوم واحد، وذلك سنة ٥٢٧، وهو الذي أعلم الفنش أن ولده سيدخل قرطبة ويملكها، فأراد أن يكشف حركة البيلتين فقال له: أيها الملك أنا أقلعهما وأردّهما أحسن ممّا كانتا، وذلك أني أجعلهما تمتلئان بالنهار وتحسران في الليل، فلما قلعت لم يقدر على ردّها، وقيل: إنه قلع واحدة ليسرق منها الصنعة فبطلت، ولم تزل الأخرى تعطي حركتها، والله أعلم بحقيقة الحال".[١]

هذا نص المقري بتمامه، مع اختلاف طفيف جدًا مع بعض المصادر التي ذكرت الحكاية، وتكاد تكون العبارات متطابقة وبذات الوصف، حيث وردت في كتاب ذكر بلاد الأندلس لمؤلف مجهول، بيد أنه وضع لها عنوانًا واضحًا:" الخبر عن البيلتين اللتين صنعهما أبو القاسم بن عبدالرحمن الزرقال بطليطلة"[٢]، ووصفهما بمثل الوصف السالف، كما أورد الخبر ذاته الزهري في كتابه الجغرافيا، وبذات الوصف والعبارات على سبيل التماهي والتطابق، وسردها بمثل الوصف السابق[٣].

والنص يحمل وصفًا لعمل نافورتين متطابقيتين، وفي ثنايا ذلك الوصف كثير مما يقال ويشرح ويوصف، مع كمٍّ من التساؤلات حول جملة الموضوع، وتلك الاستيضاحات تصلح تمامًا لأن تكون تساؤلات بحثنا هذا: من الذي صنع البيلتين (النافورتين)؟ وما مدى حذقه الهندسي، وما الدافع والفكرة الأساس من صنعهما، وما صفة هاتين البيلتين من الناحية الهندسية؟ وأي قانون هندسي يقوم عليه عملهما؟ وما الغرض الأساس من صنعتهما؟ وما علاقة ألفونس السابع ببطلان عمل تلكم البيلتين، وما دور حنين اليهودي في إفساد عمل البليتين وخرابهما، ثم ما النتائج المتوخاة من كشف قصة هاتين البيلتين؟ وما مدى إسهامها في إظهار المستوى الكبير الذي ارتقته صنائع مهندسي الأندلس العجائبية؟

٢-صنعة النوافير في الأندلس

تنبه المهندسون والصنّاع المسلمون الأندلسيون إلى بعض الفِكر الهندسية التي تحمل طابعًا جماليًا وربما فلسفيًا، وذلك بتوظيف الماء في الحدائق والمساجد والقصور والدور، فالماء يرطب الهواء ويخفض لفحات الحر، كما يعزف بصوت خريره وتساقط قطراته تباعًا معزوفاتٍ طبيعيةٍ تطرب النفس وتربط الإنسان بالمحيط والطبيعة. كما تنبهوا إلى أن انعكاس الموجودات والصور والمباني والسماء على سطح الماء يعطي صورًا من جماليات المكان وبناياته وسمائه ومحيطه، وبين أشعة الشمس ورفلات الظل تتغير الصور المنعكسة على سطح مياه الغدران والبرك والنافورات، فوق أن الماء كان أداة الطهارة وله علاقة بالدين ذاته، فالإسلام لا ريب دين التطهر والماء.

لذلك سعى المهندسون لجلب تلك الصورة الجميلة التي تحدثها المياه إلى مدائنهم وقصورها وساحاتها ومساجدها، لما تضفيه من سحر وجمال، فتنافس الصنّاع والمهرة والمهندسون في تزويد القصور والدور والحدائق والمساجد بالنوافير التي تنوعت واختلفت وتعددت أشكالها وأحجامها وطرائق انسياح مياهها[٤]، واختلف نموذج النافورة داخل القصور أو الحدائق أو البيوت أو المساجد وخارجها اعتمادًا على المصدر المائي وغزارته، ويمكن أن يكون سبب الاختلاف ليس في الشكل وإنما في طريقة الصنع أيضًا.

فظهرت في جلّ مدن الأندلس نوافير كثيرة تعصى على الحصر والتعداد، وبينها اختلافات وافتراقات[٥] وتشابهات وتماهيات عديدة من حيث صور وقوة خروج الماء من النافورة، وعدد مسارب خروجه وزوايا سقوط المياه بعد ارتفاعها، فظهرت نافورات واقفة رأسية وأخرى مستديرة كروية وأخرى مخروطية وغيرها هرمية وأخريات بأشكال لا حصر لها ولا عدّ لنماذجها، ومن أشهر الأشكال الهندسية للنوافير الأندلسية تلك المربعة الأحواض وذات الحوض المستطيل، وهناك الدائرية الإسطوانية[٦]، وهناك المخمسة الحوض والسداسية وهناك المثمنة، وذات الفصوص وغيرها.

وفي المقابل تنوعت أساليب هندسة حركة الماء في النافورات، فهناك نوع بسيط غير معقد تندفع الماء فيه إلى أعلى مباشرة ويسقط مباشرة بالقرب من زاوية ارتفاعه بفعل الجاذبية، وهذه النوافير كانت شائعة في بيوت وقصور الأندلس، وتكون أحيانًا مثبتة في تمثال حيوان أو من صخر ونحوه.

بيد أن الملفت في هندسة النوافير الأندلسية دقة حساب عرض حوض النافورة وقطرها، بحيث يراعى مكان سقوط الماء بعد حساب قوة ارتفاعه وزاوية سقوطه حتى لا يخرج عن النافورة، وهذا يعني احتساب مسافة ارتفاع الماء الخارج من النافورة، والمسافة بين الماء المقذوف من النافورة ونهاية جسم النافورة سواء كان دائريًا أو مثمنًا أو غير ذلك، ولعل أعجب أمثولة هندسية مائية في تاريخ الأندلس هي نافورة الأسود الاثني عشر في بهو قصر الحمراء بغرناطة المعروف ببهو السباع[٧]، الذي تتوسطه تلك النافورة التي يعود تاريخ هندستها إلى زمن بني الأحمر حكّام غرناطة (٦٢٩– ٨٩٧هـ/ ١٢٣٢– ١٤٩٢م)، وهي نافورة رخامية بالكامل، يبلغ قطرها حوالي ثلاثة أمتار ونصف المتر، وعمقها خمسة وستون مترًا، ويحمل حوضها المرمري المستدير الضخم اثني عشر أسدًا منحوتة من الرخام الأبيض، ويبلغ ارتفاع كل أسد منها نحو اثنان وثمانون سنتيمترًا، تخرج المياه من أفواهها تباعًا لتصب في أربع قنوات متقاطعة، تتجه مياه اثنتين منها إلى نافورتين رخاميتين صغيرتين داخل قاعتين: واحدة في شمال الفناء وأخرى في جنوبه[٨].

ووجه الإبداع في تلك النافورة فوق شكلها وحركة المياه المنسابة فيها، أنها كانت في الواقع عبارة عن ساعة مائية، يشير خروج الماء من أفواه الأسود فيها إلى ساعات النهار، ثم إلى ساعات الليل، بحيث يخرج الماء عند الساعة الواحدة من فم أول أسد، ويستمر الماء منسابًا من فم ذلك الأسد ساعةً بتمامها، وعند الساعة الثانية يبدأ الماء بالخروج من فم الأسد المجاور له، مع استمرار خروج الماء من فم الأسد الأول، فيعرف الناظر أن الوقت يشير إلى ثاني ساعات النهار، ويستمران إلى بداية ثالث ساعات النهار، فيبدأ الماء بالخروج من فم الأسد الثالث، مشيرًا إلى الساعة الثالثة، إلى أن يخرج الماء من أفواه جميع الأسود عند الساعة الثانية عشرة، منتصف اليوم تمامًا.

٣-البيلة: المفهوم والوصف

البيلتان مثنى مفرده (بيلة)، والبيلة في عرف الأندلسيين هي حوض النافورة المائية[٩]، وقد ورد ذكرها عند ابن جبير في رحلته بأن البيلة كلمة معربة وعبّر بها عن حوض النافورة[١٠]، واستخدم البعض اللفظ للتعبير عن حوض الماء المتسع الذي يتوضأ فيه الناس[١١]، واعتبرها البعض تسمية لصهريج الماء المصنوع من الرخام والملتصق بالأرض، وأن الكلمة إسبانية المنشأ[١٢]، وقد أوردها رينهارت دوزي في تكملة معجمه على أنها كلمة لفظة إسبانية يراد بيها حوض النافورة[١٣]، كما أطلق اللفظ في بعض بلاد المغرب والأندلس على السور أو القناة التي تدخل الماء إلى المكان أو البلد[١٤]، بيد أن البيلة تخص النافورة المائية، وإن كان بعض مؤرخي المغرب والأندلس قد فصّلوا بأن البيلة تختص بتسمية الجزء الأعلى من النافورة فيما يسمى أسفلها الخصة[١٥]، وعلى هذا فالبيلة هي الحوض الأعلى من كل النافورة فيما يسمى الحوض الأسفل الخصة، ففي تكملة المعاجم العربية ورد وصف لمحل البيلة من الخصة، بحيث أن الماء يأتي أولًا إلى البيلة حتى تمتليء "فإذا امتلأت البيلة انساب الماء إلى الخصة"[١٦]، وقد فصّل الجزنائي في كتابه جنى زهرة الآس في بناء مدينة فاس صنعة دار الوضوء التي بناها رجل يقال له موسى بن سدّان بجامع القرويين عام ٥٩٩ للهجرة، بوصف شامل لعمل تلك الميضأة، وذكر أن الماء ينصب من أنابيب في البيلة، ثم ينحدر منها وينصرف إلى الخصة[١٧].

٤-صانع بيلتا طليطلة

ورد في نص المقري اسم الذي صنع النافورتين مفردًا حين قال: "صنعهما عبدالرحمن"[١٨]، ولا يحيلنا المقري في إيراده الاسم مفردًا لأي مصدر غيره، كما وأنه لم يذكر اسمه كاملًا بخلاف الزهري الذي قال: "صنعهما أبو القاسم عبدالرحمن الشهير بالزرقال"[١٩]، كما أورده صاحب كتاب تاريخ الأندلس بذات الكنية والاسم واللقب[٢٠]، فمن هو أبو القاسم عبدالرحمن الزرقالي؟ وما أشهر أعماله الهندسية؟ وكيف هي حياته العلمية والمهنية؟

ومن الواجب والإنصاف للرجل إيراد ترجمته وسيرته حسبما تسعف بها المصادر، في الوقت الذي أصاب بعض المحدثين لبس غير مقصود بين هذا الرجل وغيره من علماء عصره الأندلسيين، وسبب اللبس هنا التصحيف الطفيف بين لقبه(الزرقالي)، ولقب (ابن

زرقالة) الذي حمله عالم فلك مشهور جدًا من أهل الأندلس وهو أبو إسحاق إبراهيم بن يحي التجيبي النقاش المشهور بابن زرقالة[٢١]، والذي تصحف عند المصنفين ما بين ابن زرقالة والزرقالي الذي كان بارعًا جدًا في رصد النجوم وعلل الأزياج الفلكية[٢٢]، وله مؤلفات وتصانيف عدة[٢٣]، بيد أن ابن زرقالة الفلكي توفي سنة ٤٩٣ه في قرطبة[٢٤]، فكان سابقًا لزمن خراب البيلتين الذي وقع سنة ٥٢٨هـ بحسب المقري[٢٥]، ووفق صاحب كتاب تاريخ الأندلس[٢٦]، ولم يكن في تراجم الزرقالي ذكر لصنعه بيلة مائية.

وعلى هذا فبين وفاة ابن زرقالة الفلكي سنة ٤٩٣ه، وخراب البيلتين بيد ملك نصراني ومنجم يهودي سنة ٥٢٧هـ أو ٥٢٨هـ، حوالي ثلاثون سنة كاملة، مع الأخذ في الاعتبار أن ولادة ابن زرقالة الفلكي كانت سنة ٤٢٠هـ[٢٧].

٥-الدافع العلمي التنافسي وراء عمل البيلتين

تناهى إلى مسامع عبدالرحمن الزرقالي ما أورده المسعودي عن صانع تماثيل من أهل الهند بحسب ألفاظ المقري وغيره، صنع تمثالًا يدور بإصبعه من طلوع الفجر إلى غروب الشمس، فأعجب عبدالرحمن الزرقالي بما كتبه المسعودي عن ذلك التمثال وصنعته الهندسية العجيبة، وبمراجعة المسعودي تبين أن المقصود تمثال من عجائب الاسكندرية وليس الهند، ففي كتابه مروج الذهب ومعادن الجوهر يصف المسعودي بعض عجائب بناء الاسكندرية من قديم زمانها إلى وقته، فيورد ضمن تلك العجائب وصف ذلك التمثال، فيقول: "وفيها تمثال قد أشار بسبابته من يده اليمنى نحو الشمس أينما كانت من الفلك، وإذا علت في الفلك فأصبعه مشيرة نحوها، فإذا انخفضت انخفضت يده سفلًا، يدور معها حيثما دارت"[٢٨].

ويبدو جليًا أن لا علاقة للنص بالهند ولا بعجائبها، إنما الحديث عن تمثال في الإسكندرية، فما معنى قول المقري أن عبدالرحمن صنع البيلتين، "عندما سمع بخبر الطلسم الذي بمدينة أرين من أرض الهند، وقد ذكره المسعودي، وأنه يدور بإصبعه من طلوع الفجر إلى غروب الشمس"[٢٩]، في حين جعل بعض المصادريين ذلك التمثال من عجائب الإسكندرية لا الهند، فقد أورد شيخ الربوة الدمشقي في كتاب نخبة الدهر في عجائب البر والبحر، أن التمثال من عجائب الإسكندرية، فقال: "منها تمثال رجل قد أشار بسبابته من يده اليمنى نحو الشمس أينما كانت من الفلك يدور معها حيثما دارت..."[٣٠]، كما تحدث عنه المقريزي كأعجوبة في الإسكندرية فقال: "منها تمثال قد أشار بسبابته من يده اليمنى نحو الشمس أينما كانت من الفلك، وإذا علت في الفلك فأصبعه يشير بها نحوها، فإذا انخفضت صارت يده سفلاً، تدور معها حيثما دارت"[٣١].

أما النص الذي يذكر الهند فموجود عند الزهري في كتاب الجغرافية، وفيه يحيل إلى المسعودي في مروج الذهب، حيث قال نصًا في وصفه لجزيرة أرين الهندية:" في جزيرة أرين من العجائب المشهورة المنارة التي وصفها المسعودي في كتاب مروج الذهب، وهي منارة عظيمة ارتفاعها كارتفاع منارة الإسكندرية، وفي وسطها طلسم من الذهب ظهره مما يلي الجنوب ووجهه مما يلي الشمال، ويده اليسرى مما يلي وسط المشرق وذراعه اليمنى مما يلي وسط المغرب، وقد قبض أنامل كفه ومدّ السبابة إلى وسط مطلع الشمس، فإذا طلعت كان إصبعه معها حتى تكون على سمت رأسه، فيكون إصبعه واقفًا معها، فإذا مالت الشمس إلى المغرب مال إصبعه معها فلا يزال كذلك حتى تغيب الشمس من المغرب، فيكون إصبعه في أسفل أفق المغرب، فإذا جنّ الليل أشار بإصبعه نحو الأرض"[٣٢].

وفي كل الأحوال تبقى مسألة تأثر الزرقالي بفكرة التمثال الذي يدور بإصبعه مع الشمس واردة حقيقةً، بيد أن تمكنه من صنعته الهندسية قادته إلى ابتكار حركة البيلتين دون أن يرى ذلك التمثال أو يقرأ شيئًا عن طريقة صنعه وهندسته، ومن ناحية ثانية فإن مقارنة حركة إصبع التمثال بحركة البيلتين تبقى غير عادلة، لأن التمثال على ما يبدو من وصفه يدور بإصبعه نحو الشمس من الشروق إلى المغرب، أما بيلتا الزرقالي ففيهما حركة امتلاء ثم حركة تفريغ للماء في النافورتين بحساب شهري قمري دقيق، يعتمد فكرة امتلاء البيلتين من أول الشهر إلى ليلة النصف منه، ومن بداية النصف الثاني من الشهر تبدأ عملية التفريغ التي تنتهي في آخر

يوم في الشهر، لتعود الكرة في اليوم التالي الموافق للأول من الشهر القمري اللاحق، فبحسب الوصف الوارد عن البيلتين يمكننا إدراك الدقة الكبيرة والصنعة الدقيقة في حركة المياه داخل البيلتين.

٦-علم الحيل كأساس لعمل البيلتين

للإنصاف فإن علماء المسلمين قد بلغوا شأوًا وارتقوا شأنًا في شتى صنوف العلم، وفي مجال الهندسة كان لهم السبق فيما عرف عندهم بعلم الحيل، وهو القائم على القواعد الهندسية والفيزيائية والهيدورستاتيكية ونحوها، ما يدل على معرفتهم الأشياء الحسنة وقدرتهم على حمل هذه الأثقال في البر والبحر مع قلة الآلات الرافعة وقصور علم الحيل (علم التقانة) عما هو عليه في عصرنا[٣٣]، ويكفي على سبيل القصر لا الحصر أن نستذكر مثلًا العالم بديع الزمان الجزري (ت. ٦٠٢هـ/١٢٠٦م) الذي اعتبره البعض من رواد الهندسة الميكانيكية العالمين[٣٤]، وهو صاحب كتاب الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل[٣٥]، وهو كتاب زاخر بطرق ونظريات هندسية وميكانيكية مثل الساعات المائية، وآلات رفع المياه وغيرها الكثير[٣٦].

٧-شكل البيلتين

مما ورد في النصوص التي ذكرت وصف البيلتين بالإمكان تصوّر شكلهما، حيث أنهما منصوبتان فوق مياه نهر تاجة الذي يكاد يمر بكامل طليطلة[٣٧]، وتحديدًا بدرب الدباغين المسمى باب الدباغين الذي يشرف على نهر تاجة[٣٨]، وهما في بيت مجوف حسب الوصف المصادري، ومعنى في بيت مجوف أنهما داخل بناء مجوف يحيط بهما، والواضح أنهما داخل كرتين يجمعهما بناء واحد مثل البيت، وتم وضعهما وتثبيتهما " في جوف النهر"[٣٩]، وهذا معناه أنهم يبرزان فوق وجه الماء تمامًا بحيث يمر بهما النهر في انسيابه.

وورد وصفٌ لانسياب المياه تحت قنطرة نهر تاجة في طليطلة لدى الزياني في كتابه (الترجمانة الكبرى)، ويمكن من خلاله تخيل اختلاف وتيرة انحدار المياه من مكان لآخر في بعض مواضع نهر تاجة الذي يخترق طليطلة على وجه التقريب، ومساعدة بعض تلك الانحدارات المائية في إقامة النواعير باستغلال شدة انحدار المياه في بعض النواحي، فيقول الزياني عن مدينة طليطلة: " يشقها نهر تاجة، ولها قنطرة عظيمة عجيبة، قوس واحد يجري الماء فيه كالميزاب بسرعة، وفي الوادي ناعورة من النحاس علوها تسعون ذراعًا بالرشاشي[٤٠]، تُصعد الماء إلى أعلى القنطرة فيجري على ظهرها ويدخل إلى المدينة"[٤١]، وهذا النص يحيل إلى فهم استغلال الانحدارات الحاصلة في بعض جهات النهر في أعمال مائية، حتى ليوصف مستوى انحدار الماء بالميزاب في زاوية سقوطه، ما ساهم في تركيب روافع من النحاس ونحوه تصل إلى ارتفاعات غير قليلة، تقوم بواسطة حركة تدفق المياه بالدوران لرفع الماء داخلها ثم نقله إلى المدينة في مجاري خاصة، بيد أن الزرقالي حين نصب البيلتين في جوف النهر عمد إلى اختيار مكان محدد تنساب فيه المياه بانسيابية وانسياح ما يحقق له الانسياب المطلوب تمامًا.

ومن هنا يمكننا أن نعتمد المخيال التصوري لاستغلال حركة المياه في إقامة آلات وتركيب قناطر وصنع آلات، تساهم المياه بسرعة تدفقها في تحريكها وضمان دورانها، وبالإمكان وضع حركة البيلتين المائيتين في ذات السياق، وأن تدفق المياه داخلهما يسير وفق ذات النهج المعتمد على مستوى انحدار وسقوط المياه في إحدى ممرات النهر، وتبقى الفكرة في دقة التحكم في مستويات المياه الداخلة للبيلتين بما يتوافق ومرور الوقت والأيام والليالي، وبذات النسق التحكم الدقيق في مستويات الإفراغ بذات الدقة والتحكم في مناسيب المياه الخارجة من البيلتين، باعتماد مواقيت الأيام والليالي، وبما يناسب تمامًا تمام الشهر القمري.

ويبدو هذا المخيال والتصور ممكن الحدوث إذا تم طرحه على نظام عمل البيلتين، اعتمادًا على أن قوة تدفق وجريان وسقوط المياه كفيلة جميعها بإحداث حركة ميكانيكية وفق سرعة وإيقاع تدفق المياه، ويكمن نبوغ الإنسان في قدرته على توجيه نواتج ذلك التدفق والتحكم فيه قوةً وضعفًا، وبالتالي قدرته على التحكم في ملء جهاز معين بتلك المياه الجارية أو إفراغه منها بذات الفكرة وذات القانون.

وعليه فبالإمكان القول إن عبد الرحمن الزرقالي عمد إلى نصب بيلتيه في جهة محددة من نهر تاجة، وفي موضع به حركة مياه بقدر ومقدار يعين على وصول المياه إلى أسفل البيلتين بيسر وسهولة، وصنع كرتين متجاورتين تمثلان جسمي البيلتين في وسط النهر، ليظهر الشكل كأنهما داخل كرة واحدة، فبحسب وصف بعض المصادريين" كانت البيلتان في بيت واحد"[٤٢]، وصنع مسارب ومداخل دقيقة للمياه في إحدى جهات كل بيلة، يعين سمكها وطريقة تركيبها على ضمان تسرب مقدار محدد من المياه إلى داخل كرتي البيلتين في زمن متسق يعادل تمامًا ما خطط له من تقسيم زمني يتطابق في نهاية الملء مع انتصاف الشهر، ثم عمد إلى ابتكار طريقة تجعل الامتلاء كعمل ميكانيكي بداية لعملية عكسية بحيث تنسد مسارب دخول المياه إلى البيلتين، وتبدأ مسارب أخرى تضمن خروج ذات الماء الداخل إلى البيلتين بذات النسق والمقدار الذي دخلت به، وعبّر الزهري عن ذلك التناسق والتناغم بقوله:" ماء داخل وماء خارج"[٤٣].

ومن زاوية أخرى فإن بالإمكان القول إن الزرقالي حين اختار موضع البيلتين الدقيق، كان واضعًا في حسبانه وحساباته حركة المد والجزر التي تحدث بشكل طبيعي ودوري لمياه النهر كما غيرها من مياه البحار والأنهار، بحيث تساعده عملية المد في ضمان وصول المياه التي يرغب دخولها البيلتين إلى مساربها ومداخلها، وتساهم حركة الجزر في انسياح وخروج الكميات المقدرة من مياه البيلتين.

٨-فكرة عمل البيلتين

للوصول إلى طريقة عمل البيلتين، وجب بدءًا مراجعة الوصف الوارد عنهما، وحركية المياه فيهما، ثم طرح ذلك على النظريات الهندسية وعلم الحركة الذي وصله علماء المسلمين في العصور الوسطى، ثم مقارنتها مع الأساليب الديناميكية التي تعتبر من مسلمات علم الحركة اليوم، مع الأخذ في الحسبان أن هناك حسابًا ومقاييس دقيقة للمياه في البيلتين، بمعنى أن الامتلاء مقسوم على أيام الشهر القمري تمامًا، بل تعدى الأمر أن عملية الامتلاء تسير وفق نسق دقيق يعتمد على وحدات قياس أساسها اكتمال البدر ليلة النصف من الشهر القمري، أي أن العدد أربعة عشر (١٤) فيصل في عملية تناسق مقاسم مناسيب المياه، وهذا استدعى من الزرقالي التحكم في حركة ارتفاع المياه داخل البيلتين في مقادير متساوية مقسومة على العدد أربعة عشر(١٤)، ثم البدء في تناقص المياه في نفس الفترة.

والدليل على دقة توزيع مناسيب المياه بشكل دقيق وفراغها بنفس دقة الطريقة، أن النصف الأول من اليوم الأول من الشهر، وهو يوم بداية عملية ملء المياه، يصل منسوب المياه من جملة سعة البيلتين ربع السبع، وفي النصف الثاني من ذلك اليوم الأول يصل المنسوب من مياه البيلتين إلى ما يعدل تمامًا نصف السبع، وعلى هذا فإن ملء السبع يحتاج لفترة يومين كاملين، وهذا معناه أن امتلاء البيلتين يعتمد على نظام يمكن أن نسميه (التسبيع) أي القسمة على سبعة، بمعنى أن قمة منسوب المياه صعودًا مقسم إلى سبعة أسباع(٧/٧)، ويحتاج كل سبع منها إلى يومين كاملين، وبهذا تحتاج نسبة سبعة أسباع إلى أربعة عشر يومًا بالتمام والكمال.

وبعملية حسابية رقمية يكون تدرج ارتفاع الماء في البيلتين يحمل إيقاعًا جبريًا رقميًا ثابتًا، يسير وفق النهج المعتمد على التدرج الآتي:

- النصف الأول من اليوم الأول = ربع السبع.
- النصف الثاني من اليوم الأول= نصف السبع.
- النصف الأول من اليوم الثاني = ثلاثة أرباع السبع.
- النصف الثاني من اليوم الثاني= السبع تمامًا.

وهنا تكون نسبة الموجود من المياه تعادل سبع السعة الكاملة للبيلتين(٧/١).

- النصف الأول من اليوم الثالث = سبعًا وربع السبع.
- النصف الثاني من اليوم الثالث= سبعًا ونصف السبع.
- النصف الأول من اليوم الرابع = سبعًا وثلاثة أرباع السبع.
- النصف الثاني من اليوم الرابع = سبعان.

وهنا تكون قد مرت أربعة أيام كاملة من بدء عملية الامتلاء، ويكون معدل الملء متوافقًا مع ما يعادل السبعين(٧/٢) من جملة السعة الكاملة للبيلتين.

- النصف الأول من اليوم الخامس = سبعان وربع السبع.

- النصف الثاني من اليوم الخامس= سبعان ونصف السبع.
- النصف الأول من اليوم السادس = سبعان وثلاثة أرباع السبع.
- النصف الثاني من اليوم السادس = ثلاثة أسباع.

وبذا تكون قد مرت ستة أيام كاملة من بدء عملية الامتلاء، ويكون معدل الملء حينها ما يعادل ثلاثة من سبعة (٧/٣) من جملة السعة الكاملة للبيلتين.

- النصف الأول من اليوم السابع = ثلاثة أسباع وربع السبع.
- النصف الثاني من اليوم السابع= ثلاثة أسباع ونصف السبع.
- النصف الأول من اليوم الثامن = ثلاثة أسباع وثلاثة أرباع السبع.
- النصف الثاني من اليوم الثامن = أربعة أسباع.

وفي هذه المرحلة تكون قد مرت ثمانية أيام كاملة من بدء عملية الامتلاء، ويكون معدل الملء متوافقًا مع ما يعادل أربعة من سبعة (٧/٤) من السعة الكاملة مع ملاحظة أن انتصاف هذه المرحلة هو في الواقع انتصاف عملية الملء برمتها، حيث إن نسبة المياه في النصف الثاني من اليوم السابع (ثلاثة أسباع ونصف السبع)، هي في الواقع نصف مرحلة الملء، وهي كذلك صحيحة حسابيًا وجبريًا لأن (ثلاثة أسباع ونصف السبع) تساوي النصف تمامًا.

- النصف الأول من اليوم التاسع = أربعة أسباع وربع السبع.
- النصف الثاني من اليوم التاسع= أربعة أسباع ونصف السبع.
- النصف الأول من اليوم العاشر = أربعة أسباع وثلاثة أرباع السبع.
- النصف الثاني من اليوم العاشر = خمسة أسباع.

وبذا تكون قد مرت عشرة أيام من بدء عملية الامتلاء، ويكون معدل الملء حينها ما يعادل خمسة من سبعة (٧/٥) من جملة السعة الكاملة للبيلتين.

- النصف الأول من اليوم الحادي عشر = خمسة أسباع وربع السبع.
- النصف الثاني من اليوم الحادي عشر= خمسة أسباع ونصف السبع.
- النصف الأول من اليوم الثاني عشر = خمسة أسباع وثلاثة أرباع السبع.
- النصف الثاني من اليوم الثاني عشر = ستة أسباع.

وفي هذه المرحلة تكون قد مرّ اثنا عشر يومًا منذ بدء عملية الامتلاء، ويكون معدل الملء حينها ما يعادل ستة من سبعة (٧/٦) من جملة السعة الكاملة.

- النصف الأول من اليوم الثالث عشر = ستة أسباع وربع السبع.
- النصف الثاني من اليوم الثالث عشر= ستة أسباع ونصف السبع.
- النصف الأول من اليوم الرابع عشر = ستة أسباع وثلاثة أرباع السبع.
- النصف الثاني من اليوم الرابع عشر = سبعة أسباع (امتلاء كامل).

ومن هذه النقطة تبدأ البيلتان في عملية عكسية تمامًا هدفها البدء في إنقاص معدل المياه في البيلتين بنفس الوتيرة والمعدل الذي سارت به عملية الامتلاء، وتحدث عملية التفريغ وفق النسق التنازلي بالنقص لا بالزيادة، وعندما يصل الشهر القمري إلى يومه الأخير مساء التاسع والعشرين منه، تكون البيلتان قد فرغتا في انتظار بدء العملية المكررة صباح اليوم التالي ومن جديد.

٩-البيلتان: نافورتا ماء وآلة توقيت

إن تفحص إيقاع عمل البيلتين يشير إلى الناحية الجمالية المتمثلة في حركة الماء ذات الإيقاع الثابت طيلة الشهر القمري، علاوة على المنظر الجمالي وتتابع تسرب الماء داخل البيلتين بإيقاع زمني رتيب لكنه ثابت متوازن، وفوق ذلك فإن النتيجة المستدركة من مراقبة حركة الماء داخل البيلتين يعطي انطباعًا بعلاقة كل ذلك بالتوقيت والزمن، لأن مقاييس ملء وفراغ البيلتين مرتبطة بأجزاء اليوم الواحد، إذ الواضح أن اليوم الواحد بنهاره وليله يكفي تمامًا لبلوغ سبع سعة البيلتين، والمعنى أن ساعات الليل والنهار تعادل سبع المدى المقصود للامتلاء وهو

نصف الشهر أي أربعة عشر يومًا بلياليها، ثم حركة إفراغ البيلتين بنفس القدر والمقدار، بمعدل السبع لليوم والليلة إلى تمام الإفراغ المتماهي مع ختام الشهر القمري، بأربعة عشر يومًا أخرى بلياليها.

ولتقريب المسألة رياضيًا وربطها بالوقت والزمن فإن الماء يبدأ في دخول البيلتين من ليلة اليوم الأول من الشهر، فإذا انتصف اليوم الأول بلغ معدل الماء من كامل سعة البيلتين ربع السبع، وهنا نخمن بأن عبدالرحمن الزرقالي قد وضع علامة تماثل علامات قياس مناسيب المياه الخاصة بالأنهار والتي يعرف من خلالها منسوب الفيضانات والنقصان، وهي مشهورة عبر التاريخ، أما علامة الزرقالي فتشير إلى ربع سبع السعة الكاملة وتعادل تمامًا منتصف اليوم الأول من الشهر، فإذا انتصف ليل ذلك اليوم تضاعفت المياه عما كانت منتصف النهار فتبلغ نصف السبع، وذلك يعادل تمام يوم من الشهر.

ومعنى ذلك أن تتبع العلامات التي افترضنا أن الزرقالي قد وضعها لقياس مناسيب المياه تسير وفق توزيع اليوم والليلة، فالعلامة الأولى لمنتصف اليوم الأول، والتي تليها تعني تمام اليوم الأول من الشهر، والعلامة الثالثة تعني انتصاف اليوم الثاني والرابعة تعني تمامه، وهكذا دواليك إلى تمام منتصف الشهر، وهذا معناه أن عدد العلامات يبلغ أربعة عشر علامة من أسفل البيلتين إلى أعلاهما، وتستخدم نفس العلامات لمعرفة أيام الشهر ما بعد النصف، فالعلامة التي دلت بالأمس على امتلاء البيلتين وبلوغ السهر منتصفه، يبدأ الحسبان منها في اليوم التالي عند بداية حركة النقصان وبذات المعدل، بحيث تكون العلامة التالية للعلامة الأعلى تشير إلى الخامس عشر من الشهر، ويكون الفراغ بمعدل ربع السبع لكل نصف يوم، وسبع لليوم الكامل وهكذا.

والسؤال الملح هنا، ما علاقة كل ذلك بالمواقيت والساعة، خاصةً أن أحد المحدثين حين ذكر هذا العمل الهندسي قال حرفيًا عن تلكم البيلتين: "كانتا عبارة عن إناءين دائريين ضخمين داخل بناء معين على نهر التاج، يشيران إلى ساعات الليل والنهار، وإلى أطوار القمر، ولقد أشاد كتّاب هذه الحقبة أيما إشادة بهاتين الساعتين المائيتين، وظلتا تعملان لغاية سنة ١١٣٣م، وهو التاريخ الذي أمر فيه الملك المسيحي ألفونسو السابع ـــ إبان استرداد طليطلة ـــ اليهودي الفلكي ابن زبارة Ben zebara بتفكيكهما لمعرفة الطريقة التي يعملان بها، إلا أن ابن زبارة لم يتمكن لا من اكتشافها، ولا من إعادة تركيب الساعتين من جديد"[٤٤].

١٠-دقة نسبة المياه في البيلتين

من ضمن وجوه دقة هندسة البيلتين مائيًا أن تدخل العنصر البشري لا يفسد ولا يخلخل نظام مناسيب المياه بهما، بمعنى أنه لو تدخل الإنسان وزاد أو أنقص من المياه في البيلتين، فإن نظام عملهما يتدخل بشكل ذاتي هندسي ويعيد النسبة من المياه موافقة للوقت والنسبة الصحيحة، ويبدو أن عمل البيلتين قد خضع للتجريب من باب التأكد تارة ومن باب الفضول تارة أخرى، فقد ورد أنه لو تدخل أحد وزاد أو أنقص من المياه، عادت وبشكل ذاتي إلى النسبة التي يفترض أن تكون فيها ساعتها وحينها، وهذا معناه أن النسبة الصحيحة المقصودة والمشيرة إلى الوقت في البيلتين سيظل ثابتًا حتى وإن حاول أحدٌ أن يزيد المياه أو ينقصها في البيلتين، يقول الزهري:" إذا تكلف أحد حين يكون فيهما الماء دون امتلاء، وجلب إليهما الماء وملأهما، بلغتا ذلك الماء حتى لا يبقى فيهما شيء إلا ما كان فيهما، فهذا ماء داخل وهذا ماء خارج، وكذلك إن تكلف أحدٌ عند امتلائهما أن يفرغ ماءهما حتى لا يبقى فيهما شيء، ثم أزاح بيده عنهما، خرج فيهما من الماء ما يملؤهما في ساعة، فهذا هو العجب العجاب"[٤٥]، وذات العبارات تقريبًا وبذات المعاني موجودة لدى المقري[٤٦] وفي كتاب تاريخ الأندلس[٤٧].

فأي نظام وأية تقنية ابتدعها الزرقالي في الحفاظ على كمية ومنسوب المياه داخل البيلتين حتى وإن حاول أحدهم زيادة أو إنقاص المياه داخل البيلتين؟، بحيث حتى وإن حاول أحدهم زيادة الماء فيهما، قامتا من ذاتهما بإنقاص المياه حتى تصل إلى المستوى الذي يفترض أن تكون فيه، وكذا إن تم إنقاص شيء من الماء قامتا بتعويض الناقص حتى يصل الماء إلى المستوى الصحيح المقصود.

١١-ملك إسباني ومنجم يهودي يفسدان اختراع عالم مسلم

رغم محاولتنا عدم وضع الأمر في إطار ديني أو في نهج عقدي أو مسلك عرقي، بحيث يظل اختراع البيلتين وعملهما في إطاره الهندسي العلمي الحضاري ولا يعدوه إلى إسقاطات أخرى، إلا أن واقع الحال قاد إلى الحديث عن إفساد وتخريب البيلتين في بيئة عدائية وبدوافع دينية لا نجد مندوحة عن ذكرها، فالمخترع مسلم وفي مدينة إسلامية، وهو عالم مجتهد واختراعه عمل إنساني حضاري علمي لم يقصد به غير العلم والتنافس العلمي، بيد أن إفساد ذلك العمل الهندسي العلمي تم بأمر ملك إسباني مسيحي وبتحريضٍ وفعلٍ من منجمٍ يهودي، ما يحيل إلى أن الحكاية برمتها فرضت هذا التصور، إذ ما الغاية المتوخاة من تفكيك وتخريب هذه الصنعة الجمالية والآلة الهندسية التي فوق عملها ومنظرها هي مؤقتة شهرية؟ فهل كان للتباغض العلمي دور في ذلك؟ أم كان الاختلاف العقدي والحزازات الدينية حاضرة وماثلة وقتئذ؟ أم شاءت ظروف هذا العمل الهندسي البديع أن يصنعه الزرقالي المسلم، ويفسده منجم يهودي بأمر ملك إسباني؟

ولتقريب صورة ذلك المشهد التخريبي، نحاول قبلاً معرفة شخصية المنجم اليهودي الذي طلب من الملك الإسباني أن يمكنه من تفكيك البيلتين، وقد مر سلفًا وفق المقري أنه حنين بن ربوة اليهودي[٤٨]، والغريب أن لا علاقة له بالعلم بل هو إلى السحر والتنجيم أقرب، بدليل أنه اشتهر بتقربه من ألفونس السابع عن طريق قراءة الطالع له، ولكي يثبت للملك الإسباني أنه متمكّن من السحر والتنجيم، قام على ما يروى بجلب أعداد كبيرة من حمام الأندلس إلى طليطلة[٤٩] حين دخلها ألفونس السابع، في محاولة بأن مقدمه فاتحة خير وسلام، والواضح أنه من عمل السحر، كما أنه أخبر الملك ألفونس بأنه سيدخل غرناطة ويملكها[٥٠] وقيل بل أخبره بأن ولده سيملك ثم سيدخل غرناطة غازيًا[٥١]، وعند البعض حفيده[٥٢]، وعلى هذا فنحن أمام شخصية تعمد الرجم والتنجيم وتبعد عن مقصود العلم والمعرفة.

كانت حجة حنين اليهودي أنه سيفكك هذا العمل الهندسي وينظر فيه، ثم سيعالجه بطريقة أفضل بحيث سيجعل حركة ملء الماء وفراغه تحدث بشكل أسرع وبدل الشهر الكامل ستمتليء البيلتان وتفرغان في يوم وليلة فقط، وهذا منوط حسب زعمه بنظره فقط في كيفية عمل البيلتين هندسيًا، وقال:" أنا أقلعها وأردها كما كانت وأحسن، أردها تملأ بالنهار وتحصر بالليل"[٥٣]، ووجد هذا العرض صداه في نفس الملك القشتالي الذي تحركت نوازع نفسه ليتم تفكيك البيلتين والنظر في طريقة عملهما، فإن تفوق منجمه اليهودي فذاك ما أراد، ليوصل رسالةً مفادها أن بالإمكان بزّ علوم المسلمين بالأندلس فوق القدرة على هزيمتهم السياسية والعسكرية، وإن لم يحصل المراد فلا ضير ولا أسف على عمل يدل على ريادة المسلمين وتقدمهم العلمي.

وهكذا شرع حنين اليهودي بتفكيك البيلتين، فبدأ بإحداهما وفق بعض الروايات[٥٤]، فأزال بعض أجزائها، فلما نقص بعضها توقفت عن العمل، وكانت النتيجة الفورية أنها" قلعت فانبطلت حركتها، وكان قلعها وفسادها سنة ثمانية وعشرين وخمسمائة من الهجرة"[٥٥]، وظهر الهدف من كل الفكرة، حيث لم تكن النية تمامًا متجهة نحو تطويرها" إنما أراد أن يسرق من صنعتها، فبقيت واحدة معطلة والثانية باقية على حالها"[٥٦].

ومهما كان من أمر إحدى البيلتين التي لم تطلها يد التخريب ذلك اليوم، فإن الثابت أنها تعرضت كأختها للعبث، ربما بعد مدة وربما امتدت إليها يد السنون بالبوار والخراب، لكن عمل المنجم اليهودي بأمر الملك القشتالي أضاع عملًا عجابًا وهندسةً أعجزت معاصريها.

خَاتِمَةٌ

حاول البحث معالجة نص تراثي ورد في عدد محدود من المصادر الأندلسية، يتحدث عن صنعة هندسية غاية في الإبداع في زمنها، ويستهدف وصف آلية عمل (بيلتين) نافورتي ماء، صنعهما مهندس نوافير مائية مسلم يدعى عبدالرحمن الزرقالي، بطريقة آلية ترتبط فيها حركة امتلاء وإفراغ كرتين كبيرتين من الزجاج مثبتتان أعلى النافورتين بطريقة آلية بالكامل، غير أن وجه التقانة فيها يتمثل في أن حركة المياه مرتبطة تمامًا بأيام الشهر القمري، بحيث تبدآن وبنفس كمية المياه في الامتلاء مع بداية اليوم الأول من الشهر القمري إلى منتصف الشهر تمامًا، وتكون نسب المياه في أيام نصف الشهر مقسمة بشكل دقيق إلى ربع سبع السعة الكاملة كل يوم، ونصف سبع السعة كل يومين، وسبع السعة في أربعة أيام، وهكذا دواليك حتى تصل نسبة الامتلاء في اليوم الرابع عشر إلى منتهاها، ثم تبدأ في اليوم التالي لنصف الشهر عملية عكسية بنفس القدر والمقدار لإفراغ ذات المقادير النسبية كل يوم حتى تفرغ البيلتان من الماء نهاية الشهر تمامًا.

وحاول البحث مقاربة وصف عمل البيلتين بما توفر من مقدرة على التصور والتخيل لغياب نصوص تحليلية لأعمال مناظرة لتلكم البيلتين، مع محاولة تقريب فكرة عملهما بفكرة صنعة النوافير الأندلسية التي شاع استخدامها من لدن علماء المسلمين الأندلسيين اعتمادًا على علم الهندسة الآلية الذي كانوا يسمونه علم الحيل.

وأظهر البحث أن حوادث الأندلس السياسية والعسكرية المترافقة مع غزو المدن الإسلامية من قبل الإسبان، أثرت على مشاريع علمية حضارية، نعلم بعضها وانطمس خبر الكثير منها، لكننا نعلم من خلال النصوص القليلة أن البيلتين لقيتا مصير التخريب على يد منجم يهودي وبأمر من الملك ألفونس السابع، بحجة فهم آلية عملهما ومعرفة طريقة عملهما، غير أن النتيجة آلت إلى فساد عملهما وبطلان حركتهما.

وأبان البحث أن دقة عمل البيلتين بلغ حدًا جعل تدخل العنصر البشري بزيادة أو إنقاص منسوب المياه في البيلتين أو في إحداهما، يجعل استجابة البيلتين لحظية ومباشرة بحيث يقومان تلقائيًا بتصحيح نسبة المياه التي يجب أن تكون داخل البيلتين في تلك الساعة من النهار أو الليل.

وأشار البحث إلى أن هذا العمل الهندسي فوق جماليته ودقة صنعته، وغرابة طريقة عمله، وعجائبية إيقاع حركته، يحيل إلى أنه عمل أريد به كذلك الإشارة إلى الأوقات والساعات، لأن نسب التعبئة والتفريغ مرتبطة باليوم الواحد وبنصف اليوم وباليومين وبنصف الشهر، وهذا معناه أننا أمام آلة توقيت دقيقة تعمل وفق إيقاع ثابت لا يؤثر فيه تدخل الإنسان في نسبة المياه زيادة أو نقصانًا.

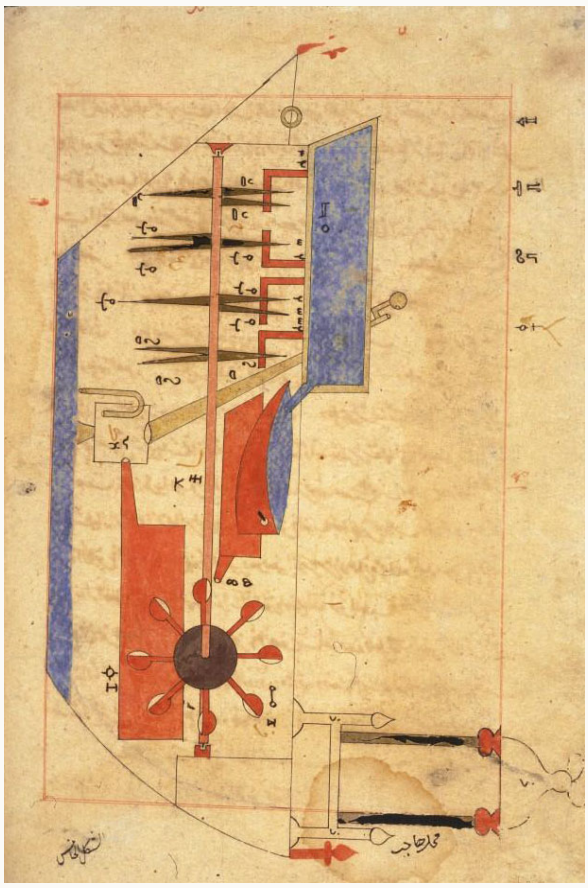
وصمت البحث عن جزئية دقيقة قد تعتري السائل عن صحة ارتباط ملء وإفراغ البيلتين آليًا وفق الارتباط بالشهر القمري والذي تتراوح أيامه بين تمام شهر ثلاثيتي ونقصان يوم منه، وهذا يتطلب حسابات أكثر دقة مما حاول البحث سوقها، ويبقى عذر البحث أنه في جاء سياق تاريخي لا تطبيقي، وبالتالي فإن مسألة تدقيق تلك الحسابات تخرج عن اختصاص البحث برمته، ويبقى الباب مواربًا لبحث رصين متخصص يدرس مثل هاتين البيلتين وطرقة عملهما وحسبان نسبهما وفق اختصاص الهندسة المائية وعلوم الهيدروستاتيكا التي تختص بحركة السوائل وقوانينها.

الملاحق

ملحق رقم (١)

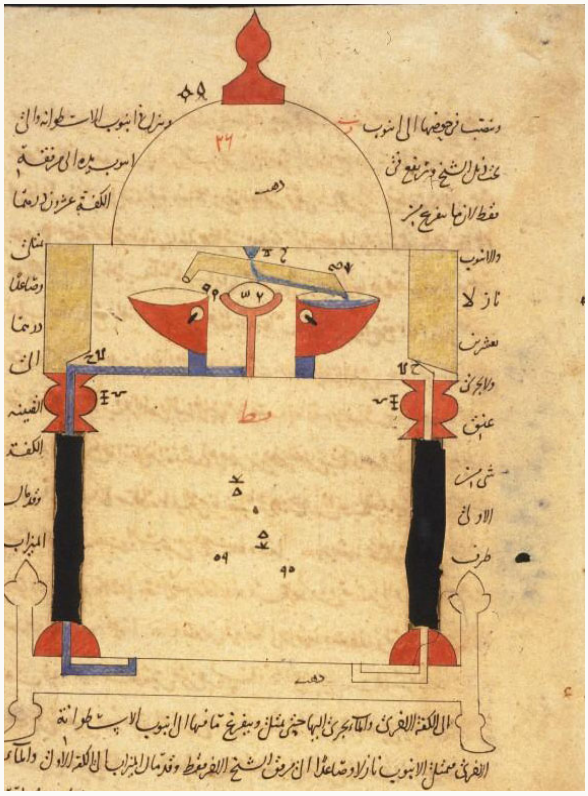
صورتان: حديثة وقديمة لنافورة الماء بقصر السباع في غرناطة، ويلاحظ التفاف السباع الاثني حول جسم النافورة دائريًا، وخروج الماء من أفواهها بالتتابع، إشارة إلى توالي ساعات النهار الاثني عشر، وبذا فالموضوع يحمل إنشاءً هندسيًا متمثلًا في النافورة وبذات الوقت ساعة مائية تشير إلى ساعات النهار، هذا العمل الهندسي الميقاتي ظل لغزًا هندسيًا عسير الفهم صعب التقليد، ويحمل في ثناياه فكرة قريبة التماثل مع فكرة بيلتي طليطلة، من ناحية التحكم في دخول المياه ومناسيبها بشكل دقيق، والصورة القديمة منقولة عن: ألبرت فريدريك كالفرت، غرناطة وقصر الحمراء، ص٢٢٢.

ملحق رقم (٢)



آلة لرفع الماء من تصميم الجزري، ويلاحظ دقة التحكم في حركة مناسيب المياه وحساباتها الدقيقة: الصورة منقولة عن: الجزري، مخطوط الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل، ص٧١ ظهر.

ملحق رقم (٣)

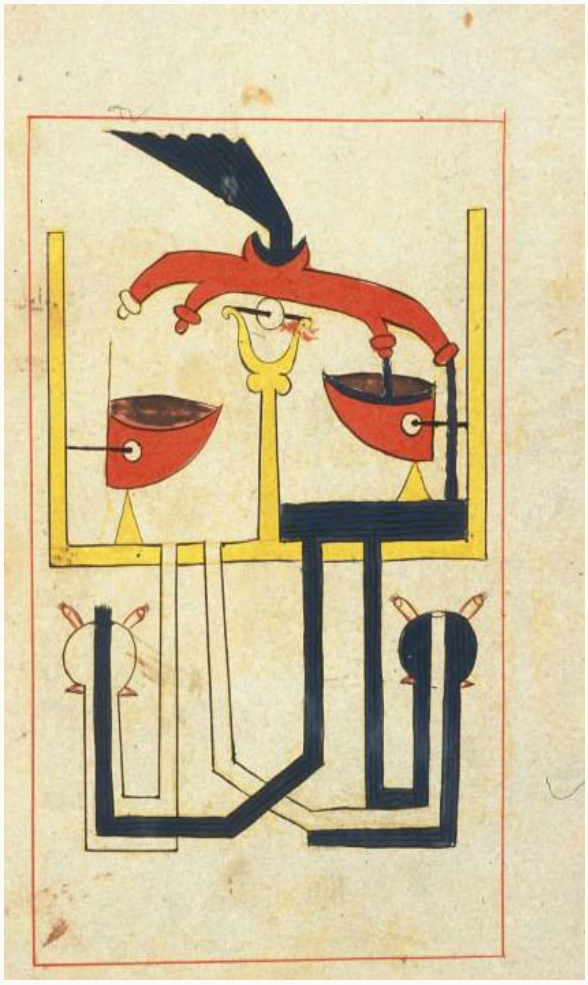


طريقة انتقال المياه بشكل آلي بين الأنابيب، ورفعها إلى الأحواض بنفس النسب وبطريقة تتابعية الصورة عن مخطوط الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل للجزري، ص٨١ ظهر.

ملحق رقم (٤)

شرح ورسم لآلة تقوم بملء الماء بنفس المقدار في عدة أحواض وبفروق زمنية متطابقة مع رسم توضيحي يبين طريقة عمل هذه الآلة: الجزري، مخطوط الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل، ص ١٠٣ وجه.

ملحق رقم (٥)

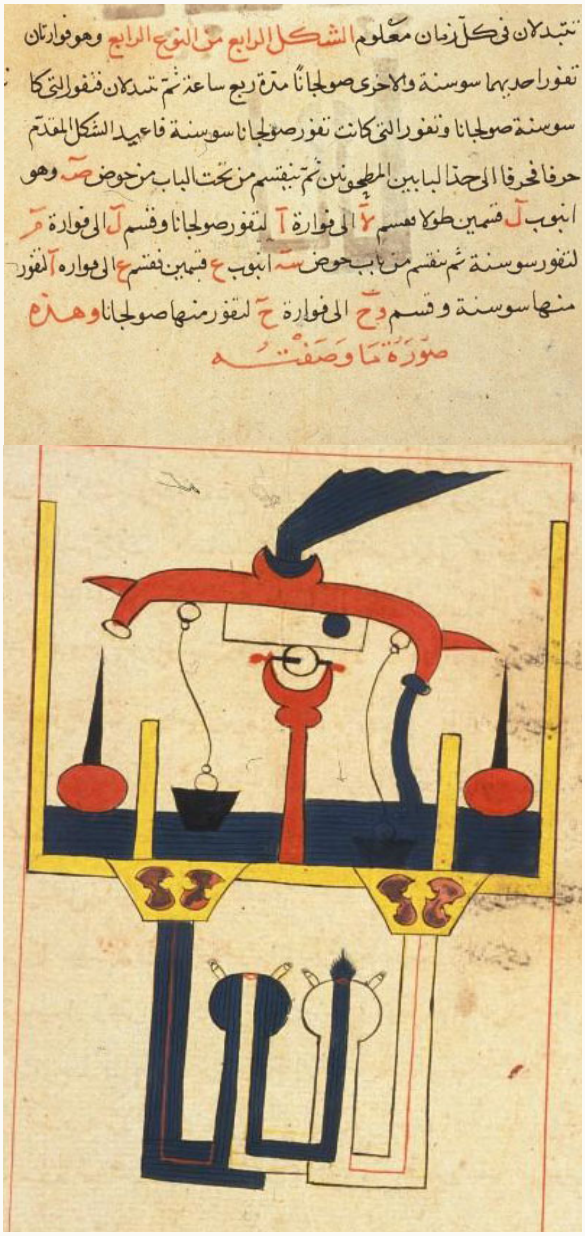


رسم توضيحي وشرح لما أسماه الجزري (فوارتا الكفتين في بركة واحدة) أي رفع الماء إلى نافورة بكفتين من بركة ماء أو نهر، والفكرة تماثل تقريبًا إلى حد كبير فكرة البيلتين اللتين كانتا في طليطلة: الجزري، مخطوط الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل، ص ١٠٤ وجه.

ملحق رقم (٦)

آلة تبين بالشرح والرسم طريقة قفل أنابيب المياه آليًا باستعمال أثقال خاصة لتحكم في قفل مسارات المياه في الأنابيب التي تملأ الأحواض: الجزري، مخطوط الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل، ص ١٠٦ ظهر.

ملحق رقم (٧)



شرح ورسم لفوارتين (نافورتين) تعملان بالتتابع كل ربع ساعة من الزمن، بحيث تفور الأولى بطريقة يسمونها السوسنة لأن شكل لماء المتدفق منها يشبه زهرة السوسن، وتفور الثانية بطريقة يسمونها الصولجان لأن شكل الماء المتدفق منها يعطي شكل الصولجان، وبعد ربع ساعة من الزمن يتغير تدفق ماء الأولى من شكل السوسنة إلى شكل الصولجان، ويتبدل شكل الماء المتدفق من الثانية من الصولجان إلى السوسنة وهكذا بلا توقف: والشرح والوصف مأخوذ عن: الجزري، مخطوط الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل، ص١٠٧ وجه وظهر.

الاحالات المرجعية:

(١) أحمد بن محمد المقري التلمساني، **نفح الطيب من غصن الأندلس**، ج١، شرح مريم قاسم طويل ويوسف علي طويل، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠١١، ص ص١٩٩، ٢٠٠.

(٢) مؤلف مجهول، **تاريخ الأندلس**، تحقيق عبد القادر بوباية، ط١، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠٠٧، ص٩٣.

(٣) أبوعبدالله محمد بن أبي بكر الزهري، **كتاب الجغرافية**، تحقيق محمد حاج صادق، القاهرة، مكتبة الثقافة الدينية، د.ت، ص ص٨٣_٨٥.

(٤) محمد هشام النعسان، **قصور وحدائق الأندلس العربية الإسلامية**، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠١٧، ص١٥٠.

(٥) مروة محمد عبدالرحيم عاشور، **تأثير الصحة والبيئة على المجتمع الأندلسي اقتصاديًا واجتماعيًا وعمرانيًا**، الإسكندرية، دار التعليم الجامعي، ٢٠٢٣، ص٢٥٧.

(٦) النعسان، **قصور وحدائق الأندلس**، ص٢٢٢.

(٧) ألبرت فريدريك كالفرت، **غرناطة وقصر الحمراء**، ط١، ترجمة أحمد إيبش، أبوظبي، دار الكتب الوطنية، ٢٠١٣، ص٢٢٢.

(٨) النعسان، **قصور وحدائق الأندلس**، ص289.

(٩) أبو عبد الله محمد الصغير الإفراني، **المسلك السهل في شرح توشيح ابن سهل**، ط١، تحقيق محمد العمري، الرباط، وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، ١٩٩٧، ص٩٦.

(١٠) أبو الحسن محمد بن أحمد بن جبير، **رحلة ابن جبير المسماة اعتبار الناسك في ذكر الآثار الكريمة والمناسك**، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠٠٣، ص ٤٤.

(١١) ابن جبير، الرحلة، ص١٥٥.

(١٢) عثمان عثمان إسماعيل، **تاريخ العمارة الإسلامية والفنون التطبيقية بالمغرب الأقصى**، ج٤، ط١، الرباط، دار الهلال العربية، ١٩٩٢، ص٣٦١.

(١٣) رينهارت دوزي، **تكملة المعاجم العربية**، ج١، ترجمة محمد سليم النعيمي، بغداد، دار الرشيد، ١٩٨٠، ص٥٠٧.

(١٤) أبو العباس شهاب الدين أحمد السلاوي، **الاستقصا لأخبار دول المغرب الأقصى**، ج٢، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠١٤، ص٦٥.

(١٥) علي بن أبي زرع الفاسي، **الأنيس المطرب بروض القرطاس في أخبار ملوك المغرب وتاريخ مدينة فاس**، الرباط، دار المنصور، ١٩٧٢، ص٦٤.

(١٦) دوزي، تكملة المعاجم، ص٥٠٧.

(١٧) علي الجزنائي، **جنى زهرة الآس في بناء مدينة فاس**، ط٢، تحقيق عبدالوهاب منصور، الرباط، المطبعة المليكة، ١٩٩٢، ص ص ٧١-٧٣.

(١٨) المقري، **نفح الطيب**، ص ١٩٩.

(١٩) الزهري، **الجغرافية**، ص٨٣.

(٢٠) مجهول، **تاريخ الأندلس**، ص٩٣.

(٢١) هو **أبو إسحاق إبراهيم بن يحيى التجيبي النقاش** المعروف، بابن الزرقالة فلكي أندلسي من أهل طليطلة " كان واحد عصره في علم العدد والرصد وعلل الأزياج، ولم تأت الأندلس بمثله من حين فتحها المسلمون إلى وقتنا هذا": أبوعبدالله محمد بن أبي بكر بن الأبار القضاعي، التكملة لكتاب الصلة، ج١، تحقيق عبدالسلام الهراس، بيروت، دار الفكر، ١٩٩٥، ص١٢٠. وكان مرصده الفلكي في طليطلة زمن المأمون بن ذي النون، ثم انتقل منها إلى قرطبة وتوفي بها.

وكانت آخر أرصاده في قرطبة سنة ٤٨٠هـ، من مصنفاته: كتاب العمل بالصفيحة الزيجية وكتاب التدبير، وكتاب المدخل إلى علم النجوم، " وله صفيحة الزرقيال المشهورة ": جمال الدين أبو الحسن يوسف بن علي القفطي، إخبار العلماء بأخبار الحكماء، ط١، تعليق إبراهيم شمس الدين، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠٠٥، ص٥٠.

(٢٢) ابن الأبار، **التكملة**، ص١٢٠، شمس الدين محمد بن أحمد بن عثمان الذهبي، **تاريخ الإسلام ووفيات المشاهير والأعلام**، ج٣٤، ط١، تحقيق عمر عبدالسلام تدمري، بيروت، دار الكتاب العربي، ١٩٩٤، ص١٤٤.

(٢٣) شمس الدين محمد بن عمر بن عزم، **دستور الإعلام بمعارف الأعلام**، تحقيق هشام صمايري، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠٢١، ص٤١٩.

(٢٤) صلاح الدين خليل بن أيبك الصفدي، **الوافي بالوفيات**، ج٥، تحقيق أبو محمد جلال الأسيوطي، بيروت دار الكتب العلمية، ٢٠١٠، ص٦٧.

(٢٥) المقري، **نفح الطيب**، ص٢٠٠.

(٢٦) مجهول، **تاريخ الأندلس**، ص٩٤.

(٢٧) أبو بكر خالد سعد الله، **نفحات من تراثنا العلمي المجيد**، تونس، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، ٢٠١١، ص٢٨٨.

(٢٨) أبو الحسين علي بن الحسين المسعودي، **مروج الذهب ومعادن الجوهر**، ج١، ط١، بيروت، المكتبة العصري، ٢٠٠٥، ص٢٨١.

(٢٩) المقري، **نفح الطيب**، ص١٩٩.

(٣٠) شمس الدين أبو عبدالله محمد بن أبي طالب الدمشقي شيخ الربوة، **نخبة الدهر في عجائب البر والبحر**، بغداد، مكتبة المثنى، د.ت، ص٣٦.

(٣١) أبو العباس تقي الدين أحمد بن علي المقريزي، **المواعظ والاعتبار بذكر الخطط والآثار**، ج١، بيروت، دار الكتب العلمية، ١٩٩٨، ص ٢٩٠.

(٣٢) الزهري، **الجغرافية**، ص٢١.

(٣٣) النعسان، **قصور وحدائق الأندلس العربية الإسلامية**، ص٢٩٣.

(٣٤) أيوب أبودية، **فلسفة التكنولوجيا**، ص١٢.

(٣٥) النعسان، **قصور وحدائق الأندلس**، ص٩٢.

(٣٦) أيوب أبو دية، **فلسفة التكنولوجيا**، عمان، شركة الآن ناشرون، ٢٠٢١، ص١٢.

(٣٧) أحمد بن علي القلقشندي، **صبح الأعشى في صناعة الإنشا**، ج٥، شرح نبيل الخطيب، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠١٢، ص٢٢٠.

(٣٨) أحمد أرشيد الخالدي، **المدن والآثار الإسلامية في العالم**، عمان، دار المعتز للنشر والتوزيع، ٢٠١٠، ص٢٢٠.

(٣٩) الزهري، الجغرافية، ص٨٣.

(٤٠) **الرشاشي**: وحدة قياس تعادل وفق الإدريسي ثلاثة أشبار: أبوعبدالله محمد بن محمد بن عبد الله الإدريسي الحسني، **نزهة المشتاق في اختراق الآفاق**، ج١، القاهرة، مكتبة الثقافة الدينية، د.ت، ص٣٢٠.

(٤١) أبو القاسم بن أحمد الزياني، **الترجمانة الكبرى في أخبار المعمور برًا وبحرًا**، تحقيق عبدالكريم الفيلالي، الرباط، دار نشر المعرفة،١٩٩١، ص٨٩. والنص موجود بذات الألفاظ عند مقديش في كتابه نزهة الأنظار، وهذا منتحل من ذاك: محمود بن سعيد مقديش، **نزهة الأنظار في عجائب التواريخ والأخبار**، ج١، ط١، تحقيق علي الزواري ومحمد محفوظ، بيروت، دار الغرب الإسلامي، ١٩٨٨، ص١٥٦.

(٤٢) مجهول، **تاريخ الأندلس**، ص٩٤.

(٤٣) الزهري، **الجغرافية**، ص٨٤.

(٤٤) شريف عبد الرحمن جاه، **لغز الماء في الأندلس**، ط١، ترجمة زينب بنياية، أبوظبي، هيئة أبو ظبي للسياحة، ٢٠١٤، ص٦٧.

(٤٥) الزهري، **الجغرافية**، ص٨٤.

(٤٦) المقري، **نفح الطيب**، ص٢٠٠.

(٤٧) مجهول، **تاريخ الأندلس**، ص٩٤.

(٤٨) المقري، **نفح الطيب**، ص٢٠٠. بطرس البستاني، دائرة المعارف، ج٥، بيروت، مطبعة المعارف، ١٨٨١، ص٧٧٨

(٤٩) مجهول، **تاريخ الأندلس**، ص٩٤.

(٥٠) الزهري، **الجغرافية**، ص٨٥.

(٥١) المقري، **نفح الطيب**، ص٢٠٠. شكيب أرسلان، **الحلل السندسية في الأخبار والآثار الأندلسية**، ج١، بيروت، دار الكتب العلمية، ١٩٩٧، ص١٦٤.

(٥٢) مجهول، **تاريخ الأندلس**، ص٩٤.

(٥٣) الزهري، **الجغرافية**، ص٨٥.

(٥٤) المقري، **نفح الطيب**، ص٢٠٠

(٥٥) مجهول، **تاريخ الأندلس**، ص٩٤.

(٥٦) الزهري، **الجغرافية**، ص٨٥.