

Vers une gestion intelligente du patrimoine culturel : apports, enjeux et perspectives de la transformation numérique

Towards Smart Cultural Heritage Management: Contributions, Challenges and Perspectives of Digital Transformation.

Auteur 1 : CHARIFI ALAOUI Hajar.

CHARIFI ALAOUI Hajar (Doctorante)

Gestion des Risques et Développement Territorial

Institut National d'Aménagement et d'Urbanisme (INAU), Rabat, Maroc

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : CHARIFI ALAOUI Hajar (2026) « Vers une gestion intelligente du patrimoine culturel : apports, enjeux et perspectives de la transformation numérique », African Scientific Journal « Volume 03, Num 37 » pp: 0053– 0080.



DOI : 10.5281/zenodo.21336043

Copyright © 2026 – ASJ



Résumé

La transformation numérique s'impose aujourd'hui comme un levier majeur de modernisation de la gestion du patrimoine culturel, en offrant de nouvelles perspectives pour la conservation, la documentation, la valorisation et la gouvernance des biens patrimoniaux. Cet article vise à analyser les apports de la transformation numérique dans la gestion du patrimoine culturel, en mettant en évidence les principaux outils technologiques mobilisés, ainsi que les enjeux et les perspectives associés à leur déploiement. Sur le plan méthodologique, l'étude repose sur une revue de littérature fondée sur l'analyse critique de publications scientifiques, de rapports institutionnels et de documents de référence nationaux et internationaux relatifs à la transformation numérique et à la gestion du patrimoine culturel. Les résultats montrent que les bases de données patrimoniales, les systèmes d'information géographique (SIG), le Historic Building Information Modeling (HBIM), les technologies de numérisation tridimensionnelle, la réalité virtuelle, les plateformes numériques, l'intelligence artificielle, l'Internet des objets et les jumeaux numériques contribuent à améliorer la connaissance, la conservation et la valorisation du patrimoine culturel. Ces technologies favorisent également une gouvernance plus intégrée, une meilleure coordination entre les acteurs et une prise de décision fondée sur des données fiables. Toutefois, leur déploiement demeure confronté à plusieurs défis, notamment en matière d'interopérabilité des systèmes, de financement, de développement des compétences numériques et d'adaptation des cadres juridiques et institutionnels. L'étude conclut que la transformation numérique constitue un levier stratégique pour construire une gestion patrimoniale plus intelligente, collaborative et durable, à condition qu'elle s'accompagne d'une gouvernance adaptée, d'un renforcement des capacités et d'une coordination renforcée entre les différents acteurs. Dans le contexte marocain, les orientations du CESE et la stratégie Digital Morocco 2030 offrent un cadre favorable à cette transition.

Mots clés : Transformation numérique ; Gestion du patrimoine culturel ; Patrimoine culturel ; Technologies numériques ; SIG ; HBIM ; Intelligence artificielle ; Gouvernance patrimoniale.

Abstract

Digital transformation has become a strategic driver for modernizing cultural heritage management by providing innovative solutions for the documentation, conservation, enhancement, and governance of heritage assets. This paper examines the contribution of digital transformation to cultural heritage management by analysing the main digital tools and technologies currently employed, as well as the opportunities and challenges associated with their implementation. The study is based on a comprehensive literature review of scientific publications, institutional reports, and international reference documents addressing digital transformation and cultural heritage management. The findings highlight that heritage databases, Geographic Information Systems (GIS), Historic Building Information Modelling (HBIM), three-dimensional digitization, virtual reality, digital platforms, artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), and Digital Twins significantly improve heritage documentation, conservation, monitoring, and dissemination. These technologies also support more integrated governance, strengthen collaboration among stakeholders, and promote data-driven decision-making. However, their implementation remains constrained by technical, financial, legal, and organizational challenges, including system interoperability, funding limitations, digital skills development, and regulatory adaptation. The paper also emphasizes that recent national initiatives in Morocco, particularly the recommendations of the Economic, Social and Environmental Council (CESE) and the Digital Morocco 2030 strategy, provide favorable conditions for accelerating digital transformation in the cultural heritage sector. Ultimately, digital transformation represents a key opportunity to develop a more intelligent, collaborative, and sustainable approach to cultural heritage management.

Keywords: Digital Transformation; Cultural Heritage Management; Cultural Heritage; Geographic Information Systems (GIS); Historic Building Information Modelling (HBIM); Artificial Intelligence; Digital Twins; Smart Heritage.

Introduction

La transformation numérique constitue aujourd'hui l'un des principaux moteurs de modernisation des politiques publiques et des modes de gouvernance. Fondée sur l'exploitation des technologies de l'information et de la communication, elle transforme profondément les pratiques de gestion dans de nombreux secteurs en favorisant une meilleure production, organisation et valorisation des données, ainsi qu'une amélioration des processus décisionnels et des services rendus aux usagers (OECD, 2020 ; UNESCO, 2021). Dans ce contexte, la gestion du patrimoine culturel connaît une profonde mutation, les technologies numériques devenant des outils stratégiques pour améliorer la connaissance, la conservation, la restauration, la valorisation et la gouvernance des biens patrimoniaux.

Face aux défis liés à la dégradation du patrimoine, à l'urbanisation, aux effets du changement climatique et à l'évolution des attentes des citoyens, les institutions patrimoniales sont amenées à repenser leurs méthodes de gestion. Les bases de données patrimoniales, les systèmes d'information géographique (SIG), le Historic Building Information Modeling (HBIM), les technologies de numérisation tridimensionnelle, la réalité virtuelle, l'intelligence artificielle ou encore les jumeaux numériques offrent aujourd'hui de nouvelles possibilités pour documenter, conserver et valoriser le patrimoine culturel, tout en améliorant les processus de gouvernance et d'aide à la décision (CESE, 2022 ; UNESCO, 2021 ; Banfi & Liu, 2025).

Malgré ces avancées, l'intégration de ces technologies demeure confrontée à plusieurs contraintes, notamment en matière d'interopérabilité des systèmes, de gouvernance des données, de financement, de développement des compétences numériques et d'adaptation des cadres institutionnels. Par ailleurs, si de nombreuses recherches abordent certaines technologies de manière isolée, les travaux proposant une analyse intégrée de leurs contributions à la gestion du patrimoine culturel, ainsi que des enjeux et perspectives qu'elles soulèvent, restent encore relativement limités, en particulier dans le contexte des pays en développement.

Dans cette perspective, cet article a pour objectif d'analyser les apports de la transformation numérique dans la gestion du patrimoine culturel, en mettant en évidence les principaux outils numériques mobilisés, leurs domaines d'application, ainsi que les enjeux, les défis et les perspectives associés à leur déploiement. L'étude adopte une approche qualitative fondée sur une revue critique de la littérature, s'appuyant sur des publications scientifiques, des rapports institutionnels et des documents de référence nationaux et internationaux relatifs à la transformation numérique et à la gestion du patrimoine culturel.

L'article est structuré en trois parties. La première présente les fondements conceptuels du patrimoine culturel, de sa gestion et de la transformation numérique. La deuxième analyse les principaux outils et technologies numériques mobilisés dans la gestion du patrimoine culturel. Enfin, la troisième met en évidence les apports, les défis et les perspectives de la transformation numérique en faveur d'une gestion patrimoniale plus intelligente, collaborative et durable.

1. Fondements conceptuels de la transformation numérique dans la gestion du patrimoine culturel

1.1. Le patrimoine : évolution d'un concept en constante mutation

Le patrimoine occupe aujourd'hui une place centrale dans les politiques culturelles, les stratégies de développement durable et les démarches de préservation de la mémoire collective. Longtemps appréhendé sous un angle essentiellement juridique ou monumental, ce concept a connu une évolution significative au cours des dernières décennies, sous l'effet des transformations sociales, culturelles, technologiques et institutionnelles. Son champ d'application s'est progressivement élargi, passant d'une conception centrée sur les monuments historiques et les œuvres exceptionnelles à une approche plus globale intégrant les ensembles urbains, les paysages culturels, les savoir-faire, les pratiques sociales et, plus récemment, les ressources numériques (Choay, 1992 ; UNESCO, 1972).

Cette évolution reflète une transformation profonde des représentations du patrimoine, désormais considéré non seulement comme un héritage à préserver, mais également comme une ressource stratégique contribuant à la transmission des connaissances, au renforcement des identités culturelles et au développement des territoires. L'émergence de nouveaux enjeux liés à la mondialisation et à la révolution numérique a par ailleurs favorisé l'apparition de nouvelles formes de patrimonialisation et de nouvelles pratiques de gestion, fondées sur l'exploitation des technologies numériques pour documenter, conserver, valoriser et diffuser les biens patrimoniaux (CRAterre-ENSAG & UNESCO, 2006 ; UNESCO, 2003).

Dans cette perspective, il apparaît nécessaire d'examiner l'évolution du concept de patrimoine afin de mieux comprendre les transformations qui ont conduit à l'élargissement de son champ d'application. Cette section présente successivement la définition du patrimoine, son évolution vers la notion de patrimoine culturel ainsi que les principales composantes qui le caractérisent aujourd'hui, constituant ainsi le socle conceptuel indispensable à l'analyse de la transformation numérique dans la gestion du patrimoine culturel.

1.1.1. Le patrimoine : évolution vers une conception culturelle

Le patrimoine constitue une notion complexe dont la signification a considérablement évolué au fil du temps. Étymologiquement, le terme patrimoine provient du latin *patrimonium*, qui désigne les biens hérités du père et transmis au sein de la famille. Longtemps associé à une dimension essentiellement juridique et successorale, ce concept s'est progressivement élargi pour désigner l'ensemble des biens matériels et immatériels auxquels une société reconnaît une valeur historique, artistique, scientifique, sociale ou symbolique, justifiant leur préservation et leur transmission aux générations futures (Choay, 1992 ; UNESCO, 1972).

Cette évolution traduit le passage d'une conception centrée sur la protection des monuments historiques et des œuvres exceptionnelles vers une approche plus globale intégrant les ensembles urbains, les paysages culturels, les savoir-faire, les traditions et les pratiques sociales. Le patrimoine n'est ainsi plus considéré comme une simple collection d'objets anciens, mais comme une construction sociale reflétant l'histoire, l'identité et la mémoire collective des communautés (Choay, 1992).

Cette évolution conceptuelle a été largement portée par les instruments normatifs de l'UNESCO. La Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel adoptée en 1972 marque une étape déterminante en reconnaissant que les monuments, ensembles et sites présentant une valeur universelle exceptionnelle constituent un patrimoine commun de l'humanité dont la conservation relève d'une responsabilité collective (UNESCO, 1972). Cette conception s'est ensuite élargie avec la Convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel de 2003, qui reconnaît les traditions orales, les pratiques sociales, les rituels, les événements festifs, les connaissances traditionnelles ainsi que les savoir-faire artisanaux comme des composantes essentielles du patrimoine culturel (UNESCO, 2003). Le patrimoine culturel apparaît ainsi comme une notion multidimensionnelle associant patrimoine matériel et immatériel, mémoire collective, diversité culturelle et identité des territoires. Selon Throsby (2010), il constitue un véritable capital culturel dont la valeur dépasse les dimensions économiques ou esthétiques pour intégrer des fonctions historiques, sociales et identitaires contribuant au développement durable des sociétés. Dans la même perspective, CRAterre-ENSAG souligne que le patrimoine représente également une ressource territoriale favorisant le développement local, la cohésion sociale et la participation des populations (CRAterre-ENSAG & UNESCO, 2006).

Aujourd'hui, cette évolution se poursuit sous l'effet de la transformation numérique. Les technologies numériques renouvellent les modes de documentation, de conservation, de gestion

et de valorisation du patrimoine culturel, tout en favorisant une diffusion plus large des connaissances et une meilleure accessibilité des biens culturels. Cette nouvelle dynamique marque une étape importante dans l'évolution du concept de patrimoine et ouvre la voie à l'émergence de nouvelles pratiques de gestion adaptées aux enjeux de l'ère numérique.

1.1.2. Les composantes du patrimoine culturel

Le patrimoine culturel constitue une réalité plurielle qui dépasse largement la seule dimension monumentale. Les évolutions conceptuelles et normatives intervenues au cours des dernières décennies ont progressivement élargi son champ d'application afin d'intégrer les différentes manifestations du génie humain, qu'elles soient matérielles ou immatérielles. Cette approche globale traduit la volonté de préserver non seulement les traces physiques du passé, mais également les savoirs, les pratiques et les expressions culturelles qui participent à l'identité des communautés. Les conventions internationales adoptées par l'UNESCO distinguent aujourd'hui plusieurs composantes complémentaires du patrimoine culturel, auxquelles s'ajoutent de nouvelles formes patrimoniales liées au développement des technologies numériques.

Le **patrimoine culturel matériel** regroupe l'ensemble des biens tangibles présentant une valeur historique, artistique, architecturale, archéologique ou scientifique. Il comprend notamment les monuments, les ensembles architecturaux, les sites archéologiques, les centres historiques, les paysages culturels, les collections muséales ainsi que les objets mobiliers. Ces biens constituent des témoins matériels des civilisations et des sociétés passées et font l'objet de politiques de protection, de conservation et de restauration afin d'assurer leur transmission aux générations futures. La Convention du patrimoine mondial de 1972 reconnaît ainsi les monuments, les ensembles et les sites comme les principales catégories du patrimoine culturel matériel présentant une valeur universelle exceptionnelle (UNESCO, 1972).

À côté de cette dimension matérielle, le **patrimoine culturel immatériel** occupe désormais une place essentielle dans les politiques patrimoniales contemporaines. La Convention de 2003 le définit comme l'ensemble des pratiques, représentations, expressions, connaissances et savoir-faire, ainsi que les instruments, objets et espaces culturels qui leur sont associés, reconnus par les communautés comme faisant partie intégrante de leur héritage culturel. Il englobe notamment les traditions orales, les langues, les arts du spectacle, les pratiques sociales, les rituels, les événements festifs ainsi que les savoir-faire liés à l'artisanat traditionnel. Contrairement au patrimoine matériel, le patrimoine immatériel est vivant et se renouvelle continuellement grâce à sa transmission entre les générations, contribuant ainsi au maintien de

la diversité culturelle et au renforcement du sentiment d'identité des communautés (UNESCO, 2003).

Il convient toutefois de distinguer le **patrimoine culturel** du **patrimoine naturel**, bien que ces deux catégories soient réunies au sein de la Convention du patrimoine mondial de 1972. Le patrimoine naturel comprend les formations physiques et biologiques, les habitats naturels, les sites géologiques ainsi que les espaces présentant une valeur scientifique, écologique ou paysagère exceptionnelle. Bien qu'il participe à l'héritage commun de l'humanité, le patrimoine naturel relève principalement des sciences de l'environnement et de la conservation des écosystèmes. En revanche, le patrimoine culturel est directement issu de l'action humaine et reflète les dimensions historiques, sociales, artistiques et identitaires des sociétés. Cette distinction demeure essentielle pour définir le périmètre de la présente étude, qui s'intéresse exclusivement au patrimoine culturel et à ses modalités de gestion.

Enfin, les profondes mutations technologiques ont favorisé l'émergence de la notion de **patrimoine numérique**, aujourd'hui considérée comme une composante incontournable des politiques culturelles contemporaines. Selon la Charte sur la conservation du patrimoine numérique adoptée par l'UNESCO en 2003, le patrimoine numérique désigne l'ensemble des ressources créées sous forme numérique ou converties au format numérique présentant une valeur durable pour les générations présentes et futures. Il comprend aussi bien les documents numérisés, les archives électroniques, les bases de données patrimoniales, les photographies numériques, les modèles tridimensionnels que les contenus nativement numériques. L'essor des technologies numériques transforme profondément les modalités de documentation, de conservation, de diffusion et de valorisation du patrimoine culturel, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour sa gestion, tout en soulevant des défis relatifs à la pérennité des données, à leur authenticité et à leur accessibilité.

Ainsi, la reconnaissance progressive du patrimoine matériel, immatériel et numérique témoigne de l'évolution constante de la notion de patrimoine culturel. Cette diversification des composantes patrimoniales reflète l'adaptation des politiques de conservation aux transformations des sociétés contemporaines et constitue le fondement des nouvelles approches de gestion intégrée, dans lesquelles la transformation numérique apparaît désormais comme un levier majeur de préservation, de valorisation et de transmission du patrimoine culturel.

1.2. La gestion du patrimoine culturel

L'évolution de la notion de patrimoine culturel s'est accompagnée d'une transformation profonde des modes de gestion qui lui sont appliqués. Si les premières politiques patrimoniales étaient principalement orientées vers la conservation des monuments historiques, les approches contemporaines privilégient désormais une vision intégrée associant protection, connaissance, gouvernance, valorisation et transmission. Cette évolution résulte de la prise de conscience que le patrimoine culturel ne constitue pas seulement un héritage du passé, mais également une ressource stratégique contribuant au développement durable, au renforcement des identités culturelles et à l'amélioration de la qualité de vie des populations (UNESCO, 1972 ; CRAterre-ENSAG & UNESCO, 2006).

La gestion du patrimoine culturel mobilise aujourd'hui une pluralité d'acteurs publics et privés ainsi qu'un ensemble de dispositifs juridiques, techniques et institutionnels destinés à assurer la connaissance, la protection, la conservation et la mise en valeur des biens patrimoniaux. Face aux mutations économiques, environnementales et technologiques, les pratiques de gestion évoluent progressivement vers des modèles plus participatifs, interdisciplinaires et fondés sur l'utilisation de données fiables pour soutenir la prise de décision (CESE, 2022 ; UNESCO, 2013).

Dans cette perspective, cette section présente tout d'abord les fondements et les objectifs de la gestion patrimoniale, puis les principaux acteurs qui interviennent dans sa mise en œuvre. Elle met ensuite en évidence les limites des approches traditionnelles afin de montrer en quoi celles-ci justifient aujourd'hui l'intégration de nouvelles méthodes et de nouveaux outils dans la gestion du patrimoine culturel.

1.2.1. Définition et objectifs de la gestion patrimoniale

La gestion patrimoniale désigne l'ensemble des politiques, des stratégies et des actions mises en œuvre pour assurer l'identification, la protection, la conservation, la valorisation et la transmission du patrimoine culturel dans une perspective de développement durable. Longtemps centrée sur les opérations de restauration et de protection des monuments historiques, elle repose aujourd'hui sur une approche intégrée associant l'inventaire, la documentation, la recherche scientifique, la prévention des risques, la médiation culturelle ainsi que le suivi des interventions. Cette évolution traduit le passage d'une logique essentiellement conservatoire vers une gestion globale visant à préserver les valeurs patrimoniales tout en répondant aux besoins des sociétés contemporaines (UNESCO, 1972 ; UNESCO, 2011).

Cette approche considère désormais le patrimoine culturel comme une ressource stratégique participant au développement territorial, au renforcement de l'identité culturelle et à la cohésion sociale. Selon le guide Patrimoine culturel et développement local, la gestion patrimoniale doit concilier les exigences de conservation avec les dimensions économiques, sociales et environnementales afin de garantir une utilisation durable des ressources patrimoniales au bénéfice des générations présentes et futures (CRAterre-ENSAG & UNESCO, 2006). Dans le même sens, le Conseil Économique, Social et Environnemental (CESE) souligne que la valorisation du patrimoine culturel constitue un levier de développement humain et d'attractivité territoriale, nécessitant une gouvernance coordonnée, une amélioration des connaissances et une mobilisation de l'ensemble des acteurs concernés (CESE, 2022).

Les principaux objectifs de la gestion patrimoniale consistent ainsi à assurer la conservation de l'authenticité et de l'intégrité des biens culturels, à renforcer leur connaissance, à favoriser leur transmission aux générations futures et à promouvoir leur valorisation scientifique, éducative, sociale et touristique. L'évolution des technologies numériques contribue aujourd'hui à renouveler ces objectifs en facilitant l'inventaire, la documentation, le suivi de l'état de conservation et l'aide à la décision. La gestion patrimoniale évolue ainsi vers des modèles plus intégrés, collaboratifs et fondés sur les données, ouvrant la voie à une transformation profonde des pratiques de conservation et de valorisation du patrimoine culturel.

1.2.2. Les principaux acteurs de la gestion du patrimoine culturel

La gestion du patrimoine culturel repose sur une gouvernance multi-acteurs associant des institutions internationales, des autorités publiques, des collectivités territoriales, des organismes spécialisés, des établissements de recherche ainsi que les communautés locales. Cette diversité d'intervenants reflète la complexité des enjeux liés à la protection, à la conservation et à la valorisation du patrimoine culturel, qui nécessitent une coordination permanente entre les différents niveaux de gouvernance (UNESCO, 2013).

À l'échelle internationale, l'UNESCO joue un rôle central dans l'élaboration des principes de protection et de gestion du patrimoine culturel à travers les conventions de 1972, 2003 et 2005. Elle est appuyée par des organismes consultatifs tels que l'ICOMOS, spécialisé dans la conservation des monuments et des sites, et l'ICCROM, qui contribue au renforcement des compétences et à la diffusion des bonnes pratiques en matière de conservation du patrimoine (UNESCO, 1972 ; UNESCO, 2013).

Au niveau national, les États assurent la définition des politiques patrimoniales, l'élaboration du cadre juridique et la mise en œuvre des programmes de protection et de valorisation. Au

Maroc, ces missions sont principalement assurées par le ministère chargé de la Culture, en collaboration avec des établissements publics, des agences spécialisées et des collectivités territoriales, qui interviennent dans l'inventaire, la réhabilitation, la conservation et la promotion du patrimoine culturel (CESE, 2022).

Les universités, les centres de recherche, les musées, les associations patrimoniales ainsi que les communautés locales jouent également un rôle déterminant dans la production des connaissances, la documentation scientifique, la sensibilisation et la transmission des valeurs patrimoniales. Leur participation favorise une gouvernance plus inclusive et renforce l'appropriation sociale du patrimoine, conformément aux orientations des conventions internationales de l'UNESCO (UNESCO, 2003 ; CRAterre-ENSAG & UNESCO, 2006).

L'évolution des pratiques de gestion conduit aujourd'hui à renforcer la coopération entre ces différents acteurs grâce aux technologies numériques. Les plateformes collaboratives, les bases de données partagées et les systèmes d'information facilitent l'échange des connaissances, la coordination des interventions et l'aide à la décision. La gouvernance patrimoniale évolue ainsi vers des modèles plus intégrés, participatifs et fondés sur les données, préparant la transition vers une gestion patrimoniale numérique.

1.2.3. Les limites des approches traditionnelles de gestion patrimoniale : vers une transformation numérique

Malgré les progrès réalisés en matière de protection et de conservation du patrimoine culturel, les approches traditionnelles de gestion montrent aujourd'hui leurs limites face à la complexité croissante des enjeux patrimoniaux. Longtemps fondées sur des inventaires papier, des archives physiques, des relevés manuels et des interventions ponctuelles de restauration, elles ne permettent plus de répondre efficacement aux exigences d'une gestion intégrée, dynamique et fondée sur une actualisation continue des connaissances. Dans un contexte marqué par l'urbanisation, les effets du changement climatique, les risques naturels, les pressions touristiques et l'évolution des usages, les institutions patrimoniales sont confrontées à la nécessité de moderniser leurs méthodes de gestion afin d'améliorer leur capacité d'anticipation et de prise de décision (Jokilehto, 2005 ; UNESCO, 2013 ; UNESCO et al., 2026).

L'une des principales limites concerne la gestion de l'information patrimoniale. Dans de nombreux contextes, les données relatives aux biens culturels demeurent dispersées entre plusieurs institutions, conservées sous des formats hétérogènes ou insuffisamment mises à jour. Cette fragmentation réduit la qualité des inventaires, limite le partage des informations et complique la planification des interventions de conservation. À cela s'ajoutent des difficultés

d'interopérabilité entre les différents systèmes d'information, freinant la coordination entre les acteurs et la production d'une connaissance globale du patrimoine (CESE, 2022 ; UNESCO, 2013).

Les approches traditionnelles présentent également des limites sur le plan de la gouvernance. La multiplicité des intervenants, le cloisonnement des informations et l'insuffisance des mécanismes de coordination peuvent entraîner des chevauchements de compétences, une duplication des actions et une utilisation peu optimale des ressources. Les nouvelles orientations internationales privilégient désormais une gouvernance intégrée, participative et fondée sur une approche territoriale, associant les institutions publiques, les collectivités territoriales, les organismes spécialisés, les chercheurs ainsi que les communautés locales dans les processus de gestion patrimoniale (UNESCO et al., 2026).

Au Maroc, ces constats sont également mis en évidence par le Conseil Économique, Social et Environnemental (CESE), qui souligne la nécessité de renforcer les systèmes d'inventaire, d'améliorer les bases de données patrimoniales, de développer les compétences des acteurs et d'accélérer l'intégration des technologies numériques dans les politiques de conservation et de valorisation du patrimoine culturel (CESE, 2022). Ces recommandations s'inscrivent dans une dynamique plus large de modernisation de l'action publique, en cohérence avec les orientations de la stratégie Digital Morocco 2030, qui place la transformation numérique parmi les principaux leviers de développement et d'amélioration de la gouvernance publique.

Dans ce contexte, la transformation numérique apparaît comme une réponse aux insuffisances des approches traditionnelles. L'intégration des bases de données patrimoniales, des systèmes d'information géographique (SIG), du Historic Building Information Modeling (HBIM), des technologies de numérisation tridimensionnelle, de l'intelligence artificielle et des plateformes collaboratives permet de renforcer la connaissance du patrimoine, d'améliorer le suivi de son état de conservation, de faciliter la coordination entre les acteurs et d'appuyer les processus de décision (Pansoni et al., 2023). Plus qu'une évolution technologique, la transformation numérique traduit ainsi un véritable changement de paradigme vers une gestion patrimoniale plus intégrée, collaborative, adaptative et fondée sur les données, conformément aux nouvelles orientations internationales en matière de gestion du patrimoine culturel (OECD, 2020 ; UNESCO et al., 2026 ; Banfi & Liu, 2025).

Tableau 1. Comparaison entre les approches traditionnelles et numériques de la gestion du patrimoine culturel

Critère	Gestion traditionnelle	Gestion numérique
Inventaire	Papier, dispersé	Bases de données numériques
Documentation	Relevés manuels	Scanner 3D, photogrammétrie
Localisation	Cartographie classique	SIG
Gestion des bâtiments	Plans 2D	HBIM
Suivi	Ponctuel	Temps réel (IoT, IA)
Prise de décision	Réactive	Basée sur les données
Valorisation	Visites physiques	Réalité virtuelle, plateformes numériques

Source : Élaboration de l'auteure à partir de la littérature (UNESCO, 2013, 2026 ; OECD, 2020 ; ICCROM, 2013 ; CESE, 2022).

2. Les technologies numériques au service de la gestion du patrimoine culturel

La transformation numérique de la gestion du patrimoine culturel se concrétise par l'intégration d'un ensemble de technologies permettant d'améliorer la connaissance, la conservation, la restauration, la valorisation et la gouvernance des biens patrimoniaux. Au-delà de la simple numérisation des ressources documentaires, ces technologies contribuent à la production, à l'organisation et à l'exploitation de données patrimoniales fiables, favorisant ainsi une gestion plus intégrée, collaborative et fondée sur l'aide à la décision (UNESCO, 2021 ; OECD, 2020). L'évolution des technologies de l'information et de la communication a conduit au développement de solutions numériques répondant aux différentes étapes du cycle de gestion patrimoniale. Les bases de données patrimoniales, les systèmes d'information géographique (SIG), le Historic Building Information Modeling (HBIM), les technologies de numérisation tridimensionnelle, la réalité virtuelle, les plateformes numériques, ainsi que les outils fondés sur l'intelligence artificielle, l'Internet des objets et les jumeaux numériques constituent aujourd'hui des instruments essentiels pour documenter, analyser, surveiller et valoriser le patrimoine culturel (ICCROM, 2013 ; Borel-Dubourg, Beguet, Panneau, Raffin, & Quéré, 2025 ; Niccolucci & Felicetti, 2024).

Cette partie présente les principales technologies numériques mobilisées dans la gestion du patrimoine culturel, en mettant en évidence leurs caractéristiques, leurs domaines d'application ainsi que leur contribution à l'amélioration des pratiques de conservation, de gestion et de valorisation des biens patrimoniaux.

2.1. Les outils numériques dédiés à la connaissance et à la conservation du patrimoine

La gestion du patrimoine culturel s'appuie aujourd'hui sur un ensemble d'outils numériques permettant d'améliorer la connaissance, la documentation et la conservation des biens patrimoniaux. L'évolution des technologies de l'information et de la communication a favorisé le développement de solutions capables de produire, d'organiser et d'exploiter des données patrimoniales de manière plus précise, structurée et collaborative. Ces outils contribuent à renforcer la qualité des inventaires, à améliorer le suivi de l'état de conservation des biens culturels et à appuyer les processus de planification et de prise de décision (UNESCO, 2013 ; ICCROM, 2013).

Parmi les principaux outils mobilisés figurent les bases de données patrimoniales, les systèmes d'information géographique (SIG) et le Historic Building Information Modeling (HBIM). Bien que répondant à des fonctions spécifiques, ces technologies sont complémentaires et constituent les fondements de la gestion numérique du patrimoine culturel. Leur interopérabilité favorise une meilleure centralisation des informations, une connaissance approfondie des biens patrimoniaux ainsi qu'une gestion plus intégrée et plus efficace. Les sections suivantes présentent les caractéristiques et les apports de chacun de ces outils dans les pratiques contemporaines de gestion patrimoniale.

2.1.1. Les bases de données patrimoniales

Les bases de données patrimoniales constituent l'un des piliers de la transformation numérique de la gestion du patrimoine culturel. Elles permettent de centraliser, structurer et organiser l'ensemble des informations relatives aux biens patrimoniaux au sein d'un environnement numérique unique, facilitant ainsi leur conservation, leur mise à jour et leur exploitation. Contrairement aux inventaires traditionnels reposant sur des archives papier ou des systèmes d'information dispersés, elles offrent un accès rapide à des données normalisées et interopérables, indispensables à une gestion efficace du patrimoine culturel (UNESCO, 2013 ; ICCROM, 2013).

Chaque bien patrimonial est documenté à travers un ensemble de métadonnées décrivant notamment sa localisation, son statut juridique, ses caractéristiques architecturales, ses matériaux constitutifs, son état de conservation, les interventions réalisées ainsi que les

ressources documentaires qui lui sont associées. Cette structuration facilite non seulement la production de connaissances scientifiques, mais également le suivi de l'évolution des biens patrimoniaux et la planification des opérations de conservation. Dans cette perspective, les bases de données dépassent leur fonction d'archivage pour devenir de véritables outils de gestion et d'aide à la décision (Gilliland, 2016).

Le développement des standards internationaux de documentation a fortement contribué à l'amélioration de ces systèmes. Le modèle CIDOC Conceptual Reference Model (CIDOC CRM), élaboré par l'ICOM, constitue aujourd'hui une référence internationale pour la structuration et l'échange des données patrimoniales. En assurant l'interopérabilité entre les musées, les bibliothèques, les archives et les institutions patrimoniales, il favorise le partage des connaissances et le développement de plateformes collaboratives à l'échelle nationale et internationale (ICOM, 2023).

Dans le contexte actuel de la transformation numérique, les bases de données patrimoniales représentent une infrastructure essentielle alimentant les autres technologies numériques, notamment les systèmes d'information géographique (SIG), les modèles Historic Building Information Modeling (HBIM), les plateformes de valorisation numérique ainsi que les futurs jumeaux numériques. Elles constituent ainsi le socle informationnel d'une gestion patrimoniale fondée sur les données (*data-driven heritage management*), permettant d'améliorer la connaissance, la conservation, la gouvernance et la valorisation du patrimoine culturel (ICCROM, 2013 ; UNESCO, 2013).

2.1.2. Les systèmes d'information géographique (SIG)

Les systèmes d'information géographique (SIG) constituent aujourd'hui un outil incontournable de la gestion numérique du patrimoine culturel. Ils se définissent comme des systèmes informatiques permettant de collecter, d'organiser, d'analyser et de représenter des données géoréférencées afin de mieux comprendre les interactions entre les biens patrimoniaux et leur environnement territorial. En associant les informations spatiales aux données historiques, architecturales, environnementales et socio-économiques, les SIG offrent une vision intégrée du patrimoine et facilitent l'analyse des dynamiques territoriales (UNESCO, 2013 ; Longley et al., 2015).

Dans le domaine du patrimoine culturel, les SIG permettent de localiser avec précision les monuments, les sites archéologiques, les ensembles historiques et les paysages culturels tout en intégrant un ensemble d'informations descriptives relatives à leur statut juridique, leur état de conservation, leurs caractéristiques architecturales ou encore aux interventions réalisées. Cette

structuration spatiale favorise une meilleure connaissance du patrimoine et facilite le suivi de son évolution dans le temps (Jokilehto, 2005 ; Burrough & McDonnell, 1998).

Au-delà de leur fonction de cartographie, les SIG constituent de véritables outils d'aide à la décision. Grâce aux capacités d'analyse spatiale qu'ils offrent, ils permettent d'identifier les zones exposées aux risques naturels ou anthropiques, d'évaluer les impacts des projets d'aménagement, d'analyser les dynamiques d'urbanisation et de hiérarchiser les priorités d'intervention. Ils contribuent ainsi au développement d'une conservation préventive fondée sur l'analyse des données territoriales et à une planification plus efficace des opérations de réhabilitation (ICOMOS, 2011 ; UNESCO, 2013).

Au Maroc, l'utilisation des SIG dans la gestion du patrimoine culturel s'est développée relativement tôt, notamment à travers l'expérience de l'Agence pour le Développement et la Réhabilitation de la Médina de Fès (ADER-Fès). Dès les premières années de son activité, l'Agence a mis en place un système d'information géographique destiné à centraliser les données relatives à la médina de Fès, notamment les caractéristiques des bâtiments, les activités économiques, les données socio-économiques ainsi que les interventions de réhabilitation. Cette initiative constitue l'une des premières applications des technologies géospatiales à la gestion intégrée d'un site patrimonial au Maroc et a largement contribué à améliorer la connaissance du territoire ainsi que la programmation des opérations de conservation (Cour des comptes, 2016).

Cette dynamique est aujourd'hui confortée par les recommandations du Conseil Économique, Social et Environnemental (CESE), qui préconise le développement d'inventaires numériques géoréférencés et de systèmes d'information intégrés afin d'améliorer la gouvernance, la conservation et la valorisation du patrimoine culturel marocain (CESE, 2022). Dans cette perspective, les SIG ne constituent plus seulement un outil de cartographie ; ils deviennent une plateforme d'analyse territoriale interopérable avec les bases de données patrimoniales, les modèles Historic Building Information Modeling (HBIM) et les technologies de numérisation tridimensionnelle, contribuant ainsi à une gestion patrimoniale plus intégrée, collaborative et fondée sur les données.

2.1.3. Le Building Information Modeling (BIM) et le Historic Building Information Modeling (HBIM)

Le Building Information Modeling (BIM) est une méthode de gestion numérique fondée sur la création d'une maquette numérique intelligente intégrant les caractéristiques géométriques, techniques et fonctionnelles d'un ouvrage tout au long de son cycle de vie. Initialement

développé pour le secteur de la construction, le BIM s'est progressivement imposé comme un outil de référence pour la conception, la réalisation, l'exploitation et la maintenance des bâtiments grâce à sa capacité à centraliser les informations dans un environnement collaboratif unique (Eastman et al., 2018).

L'adaptation de cette approche aux bâtiments historiques a conduit au développement du Historic Building Information Modeling (HBIM), spécifiquement conçu pour répondre aux exigences de la documentation, de la conservation et de la gestion du patrimoine architectural. Introduit par Murphy, McGovern et Pavia (2013), le HBIM associe une représentation tridimensionnelle du bâtiment à un ensemble d'informations historiques, architecturales, constructives, archéologiques et documentaires. Contrairement à une simple modélisation 3D, il constitue une véritable base de connaissances permettant de suivre l'évolution des édifices patrimoniaux et de faciliter la gestion de l'information tout au long de leur cycle de vie.

La mise en œuvre d'un modèle HBIM repose généralement sur une démarche Scan-to-HBIM, qui consiste à acquérir des données géométriques à l'aide de scanners laser terrestres, de la photogrammétrie ou de drones afin de produire un nuage de points de haute précision. Ces données sont ensuite transformées en une maquette numérique paramétrique dans laquelle chaque composant architectural est enrichi d'informations relatives aux matériaux, aux techniques constructives, aux phases historiques, aux pathologies observées ainsi qu'aux interventions de restauration. Cette structuration facilite la documentation scientifique, améliore la traçabilité des interventions et favorise une meilleure compréhension du patrimoine bâti (Murphy et al., 2013 ; Borel-Dubourg et al., 2025).

Le HBIM constitue aujourd'hui un outil stratégique d'aide à la décision pour les gestionnaires du patrimoine. En centralisant des informations multidisciplinaires dans un modèle unique, il facilite la planification des opérations de conservation, le suivi de l'état des monuments, la simulation de scénarios d'intervention ainsi que la coordination entre architectes, ingénieurs, archéologues, restaurateurs et gestionnaires. Son interopérabilité avec les systèmes d'information géographique (SIG), les bases de données patrimoniales et les technologies de numérisation tridimensionnelle contribue au développement de plateformes numériques intégrées favorisant une gestion plus efficace et plus collaborative du patrimoine culturel (Bruno et al., 2018 ; Borel-Dubourg et al., 2025).

Malgré ses nombreux avantages, le déploiement du HBIM demeure confronté à plusieurs défis, notamment la complexité de la modélisation des bâtiments anciens, l'absence de bibliothèques d'objets adaptées au patrimoine, le coût des relevés tridimensionnels ainsi que les besoins en

compétences spécialisées. Les recherches actuelles s'orientent vers l'automatisation de la modélisation, l'amélioration de l'interopérabilité entre les plateformes numériques et l'intégration du HBIM avec les technologies émergentes, telles que l'intelligence artificielle et les jumeaux numériques, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour une gestion patrimoniale intelligente et durable (Borel-Dubourg et al., 2025 ; Bruno et al., 2018).

2.2. Les technologies de documentation et de valorisation du patrimoine culturel

L'évolution des technologies numériques a profondément transformé les méthodes de documentation et de valorisation du patrimoine culturel. Au-delà de l'amélioration des pratiques de conservation, ces technologies permettent de produire des représentations numériques de haute précision, d'enrichir les connaissances sur les biens patrimoniaux et de développer de nouvelles formes de médiation culturelle. Les outils tels que la numérisation tridimensionnelle, la réalité virtuelle, la réalité augmentée et les plateformes numériques contribuent ainsi à renforcer l'accessibilité, la diffusion et la mise en valeur du patrimoine culturel auprès des professionnels comme du grand public (UNESCO, 2021 ; ICCROM, 2013).

2.2.1. Numérisation laser et scanner 3D

La numérisation tridimensionnelle constitue aujourd'hui l'une des principales technologies de documentation du patrimoine culturel. Elle repose sur l'utilisation de scanners laser terrestres, de capteurs LiDAR, de drones ou de techniques de photogrammétrie permettant d'acquérir des données géométriques de haute précision sur les monuments, les sites archéologiques et les objets patrimoniaux. Ces technologies produisent des nuages de points (point clouds) qui restituent fidèlement la géométrie des biens culturels et constituent une base essentielle pour la production de modèles numériques tridimensionnels (Murphy, McGovern & Pavia, 2013 ; Remondino & Campana, 2014).

Les relevés 3D offrent une documentation exhaustive et non invasive des biens patrimoniaux, permettant de conserver une mémoire numérique de leur état à un instant donné. Cette documentation facilite l'analyse architecturale, l'identification des pathologies, le suivi des déformations structurelles ainsi que la préparation des opérations de restauration. En cas de dégradation ou de disparition d'un monument, les modèles tridimensionnels constituent également une ressource précieuse pour les travaux de reconstruction, de restitution virtuelle ou d'archivage scientifique (UNESCO, 2021 ; ICCROM, 2013).

Au-delà de la documentation, les technologies de numérisation 3D s'intègrent désormais aux autres outils numériques de gestion patrimoniale. Les données issues des scanners laser peuvent être combinées aux systèmes d'information géographique (SIG), aux modèles Historic Building

Information Modeling (HBIM) et aux plateformes numériques afin d'améliorer la connaissance du patrimoine, de faciliter le suivi de son état de conservation et de renforcer les processus d'aide à la décision. Cette interopérabilité favorise une gestion plus intégrée et plus efficace des biens culturels, tout en ouvrant la voie au développement des jumeaux numériques (*Digital Twins*) et des systèmes intelligents de gestion patrimoniale (Bruno et al., 2018 ; Borel-Dubourg et al., 2025).

L'intérêt de cette technologie est illustré par plusieurs projets internationaux de sauvegarde du patrimoine. Les relevés laser réalisés avant l'incendie de la Cathédrale Notre-Dame de Paris ont notamment constitué une base scientifique essentielle pour les travaux de restauration engagés après 2019. Plus largement, la numérisation tridimensionnelle est aujourd'hui largement mobilisée dans les programmes de documentation et de conservation du patrimoine menés par l'UNESCO et l'ICCROM, témoignant de son rôle stratégique dans les politiques contemporaines de préservation du patrimoine culturel (Niccolucci & Felicetti, 2024).

2.2.2. Réalité virtuelle et réalité augmentée

La réalité virtuelle (RV) et la réalité augmentée (RA) comptent parmi les technologies les plus innovantes mobilisées pour la valorisation du patrimoine culturel. Fondées sur la création d'environnements numériques interactifs, elles offrent de nouvelles possibilités d'interprétation, de médiation et de diffusion du patrimoine en proposant des expériences immersives adaptées aux différents publics. Alors que la réalité virtuelle plonge l'utilisateur dans un environnement entièrement numérique, la réalité augmentée superpose des informations virtuelles au monde réel, enrichissant ainsi la perception des monuments, des sites historiques et des collections muséales (UNESCO, 2021).

Dans le domaine patrimonial, ces technologies sont largement utilisées pour restituer virtuellement des monuments disparus ou fortement dégradés, reconstituer des contextes historiques et faciliter la compréhension de l'évolution des sites patrimoniaux. Elles permettent également de simuler différentes hypothèses de restauration, d'améliorer l'analyse scientifique des biens culturels et d'accompagner les professionnels dans la préparation des interventions de conservation. Ces applications réduisent les manipulations directes des objets patrimoniaux tout en offrant des outils performants de documentation et de recherche (Bekele et al., 2018).

La réalité virtuelle et la réalité augmentée jouent également un rôle majeur dans la médiation culturelle. Grâce aux visites immersives, aux applications mobiles et aux dispositifs interactifs, elles rendent le patrimoine plus accessible, notamment pour les personnes éloignées géographiquement ou présentant des difficultés d'accès aux sites culturels. Elles favorisent une

meilleure appropriation du patrimoine par le public, enrichissent l'expérience des visiteurs et renforcent les actions d'éducation, de sensibilisation et de transmission des savoirs. Ces technologies contribuent ainsi à développer une médiation plus participative et inclusive, en cohérence avec les objectifs de démocratisation de l'accès à la culture poursuivis par les institutions patrimoniales (ICOMOS, 2020 ; UNESCO, 2021).

Le développement de plateformes numériques telles que Dive into Heritage, initiée par l'UNESCO, illustre l'apport de ces technologies à la valorisation du patrimoine mondial. En proposant des visites virtuelles interactives de nombreux sites inscrits au patrimoine mondial, cette plateforme favorise l'accès aux biens culturels, renforce leur visibilité internationale et constitue un outil de sensibilisation à leur préservation. Plus largement, la combinaison de la réalité virtuelle, de la réalité augmentée et des plateformes numériques contribue à renouveler les pratiques de médiation culturelle et ouvre de nouvelles perspectives pour une valorisation plus inclusive, interactive et durable du patrimoine culturel.

2.2.3. Visites virtuelles et plateformes numériques

Le développement des plateformes numériques constitue l'une des évolutions majeures de la transformation numérique appliquée au patrimoine culturel. En s'appuyant sur les technologies de numérisation tridimensionnelle, les visites virtuelles et les interfaces interactives, ces plateformes facilitent la diffusion des connaissances patrimoniales auprès d'un public élargi tout en améliorant l'accessibilité des biens culturels. Elles permettent de consulter à distance des monuments, des sites archéologiques, des collections muséales et des paysages culturels, contribuant ainsi à une valorisation plus inclusive du patrimoine (UNESCO, 2021).

Au-delà de leur fonction de médiation culturelle, ces plateformes constituent de véritables outils de documentation et de sensibilisation. Elles mettent à disposition des contenus scientifiques, des modèles tridimensionnels, des photographies haute résolution et des ressources pédagogiques favorisant la compréhension des valeurs historiques, architecturales et culturelles des biens patrimoniaux. Elles renforcent également la coopération entre les institutions patrimoniales, les chercheurs et le grand public en facilitant le partage des données et des connaissances (ICCROM, 2013).

Parmi les initiatives les plus représentatives figure la plateforme Dive into Heritage, développée par l'UNESCO. Accessible en ligne, elle propose des visites virtuelles interactives de nombreux sites inscrits sur la Liste du patrimoine mondial, permettant aux utilisateurs d'explorer des monuments et des paysages culturels à travers des modèles tridimensionnels, des photographies panoramiques, des cartes interactives et des contenus documentaires. Cette plateforme

contribue non seulement à la valorisation du patrimoine mondial, mais également à sa sensibilisation, à son éducation et à sa préservation en offrant un accès numérique à des biens parfois difficiles d'accès ou menacés (UNESCO, 2021).

L'essor des plateformes numériques traduit ainsi une évolution des pratiques de valorisation patrimoniale, fondée sur une diffusion élargie des connaissances et une interaction accrue avec les publics. Associées aux autres technologies numériques, elles participent à la démocratisation de l'accès au patrimoine culturel et ouvrent de nouvelles perspectives pour une gestion plus collaborative, plus participative et plus durable des ressources patrimoniales.

2.3. Les technologies émergentes au service de la gestion du patrimoine culturel

Les progrès récents de la transformation numérique favorisent l'émergence de nouvelles technologies qui viennent compléter les outils numériques traditionnels de gestion du patrimoine culturel. Parmi les innovations les plus prometteuses figurent l'intelligence artificielle (IA), l'Internet des objets (IoT) et les jumeaux numériques (*Digital Twins*), qui contribuent à renforcer les capacités d'analyse, de surveillance et d'aide à la décision des institutions patrimoniales. Ces technologies ouvrent la voie à une gestion plus intelligente, prédictive et collaborative du patrimoine culturel (UNESCO, 2021 ; Niccolucci et al., 2022).

L'intelligence artificielle offre de nouvelles possibilités pour le traitement et l'exploitation des données patrimoniales. Grâce aux techniques d'apprentissage automatique (*Machine Learning*) et de vision par ordinateur, elle facilite notamment la reconnaissance automatique des éléments architecturaux, la détection des dégradations, la classification des objets patrimoniaux, l'analyse d'images anciennes ainsi que la prédiction des risques de détérioration. L'IA constitue ainsi un outil d'aide à la décision permettant d'améliorer la planification des interventions de conservation et d'optimiser la gestion des ressources patrimoniales (Pansoni et al., 2023).

L'Internet des objets (IoT) repose quant à lui sur l'installation de capteurs connectés capables de mesurer en temps réel différents paramètres environnementaux susceptibles d'influencer l'état de conservation des biens culturels, tels que la température, l'humidité, les vibrations ou la qualité de l'air. Ces dispositifs facilitent la mise en œuvre d'une conservation préventive en permettant une surveillance continue des monuments, des musées et des sites patrimoniaux, ainsi qu'une intervention rapide en cas d'anomalie (ICCROM, 2013).

Enfin, les jumeaux numériques (*Digital Twins*) représentent l'une des évolutions les plus avancées de la transformation numérique. Ils consistent en une réplique numérique dynamique d'un bien patrimonial, alimentée en permanence par les données issues des SIG, du HBIM, des scanners 3D et des capteurs IoT. Cette intégration permet de simuler différents scénarios

d'évolution, d'anticiper les risques, d'évaluer les impacts des interventions et d'améliorer la prise de décision. Bien que leur application au patrimoine culturel demeure encore émergente, les jumeaux numériques apparaissent aujourd'hui comme une perspective majeure pour le développement d'une gestion patrimoniale intelligente, résiliente et durable (Niccolucci et al., 2022).

L'intégration progressive de ces technologies émergentes témoigne de l'évolution des pratiques de gestion patrimoniale vers des approches davantage fondées sur les données, l'automatisation et l'interopérabilité des systèmes d'information. Leur combinaison avec les outils numériques présentés précédemment contribue à renforcer la connaissance, la conservation et la valorisation du patrimoine culturel, tout en ouvrant de nouvelles perspectives pour une gouvernance plus proactive et durable.

3. Les enjeux, défis et perspectives de la transformation numérique dans la gestion du patrimoine culturel

La transformation numérique représente aujourd'hui un levier majeur de modernisation des politiques de gestion du patrimoine culturel. Au-delà de l'intégration de nouveaux outils technologiques, elle conduit à une évolution des modes de gouvernance, des méthodes de conservation et des stratégies de valorisation des biens patrimoniaux. En favorisant la production et l'exploitation de données fiables, elle contribue à améliorer la connaissance du patrimoine, à renforcer la coordination entre les acteurs et à développer des approches plus intégrées et participatives. Toutefois, cette transition soulève également plusieurs défis d'ordre technique, financier, juridique et éthique, qui conditionnent sa mise en œuvre et sa pérennité. Dans ce contexte, il apparaît nécessaire d'examiner les principaux apports de la transformation numérique, tout en identifiant les contraintes qui accompagnent son déploiement dans le secteur patrimonial.

3.1. Les apports et les défis de la transformation numérique

La transformation numérique offre de nouvelles perspectives pour la conservation et la gestion du patrimoine culturel. L'intégration des technologies numériques permet d'améliorer la qualité de la documentation patrimoniale, de renforcer la précision des inventaires et d'assurer un suivi continu de l'état de conservation des biens culturels. Les outils tels que les bases de données patrimoniales, les systèmes d'information géographique (SIG), le Historic Building Information Modeling (HBIM) ou encore les technologies de numérisation tridimensionnelle facilitent la collecte, l'organisation et l'exploitation des données, contribuant ainsi à une meilleure

planification des interventions et à une gestion plus préventive des risques (UNESCO, 2021 ; ICCROM, 2013).

Au-delà des aspects techniques, la transformation numérique contribue à faire évoluer la gouvernance patrimoniale. L'interopérabilité des systèmes d'information, le partage des données entre les institutions et le développement de plateformes collaboratives favorisent une meilleure coordination des acteurs impliqués dans la gestion du patrimoine. Cette évolution améliore les processus d'aide à la décision, renforce la transparence des interventions et facilite l'élaboration de stratégies de conservation fondées sur des données actualisées et objectivées (OECD, 2020 ; CESE, 2022).

Les technologies numériques jouent également un rôle déterminant dans la valorisation et la médiation culturelle. Les visites virtuelles, les applications mobiles, les plateformes numériques et les dispositifs immersifs permettent d'élargir l'accès au patrimoine culturel, de renouveler les modes de diffusion des connaissances et de renforcer la sensibilisation du public à la préservation des biens patrimoniaux. Ces outils favorisent une participation plus active des citoyens et contribuent à la démocratisation de l'accès au patrimoine, tout en renforçant son attractivité touristique et son potentiel de développement territorial (UNESCO, 2021 ; Bekele et al., 2018).

Malgré ces avancées, la transformation numérique demeure confrontée à plusieurs défis. Sur le plan technique, les difficultés d'interopérabilité entre les plateformes, la diversité des formats de données et l'obsolescence rapide des technologies peuvent limiter l'efficacité des systèmes mis en place. À ces contraintes s'ajoutent des défis financiers liés aux coûts élevés des équipements, des relevés tridimensionnels, des infrastructures numériques et de la maintenance des systèmes d'information, particulièrement dans les pays en développement (World Bank, 2021).

Les enjeux sont également d'ordre juridique et éthique. La numérisation du patrimoine soulève des questions relatives à la propriété intellectuelle, à la protection des données, à la cybersécurité ainsi qu'à la gouvernance des informations patrimoniales. Par ailleurs, si les technologies numériques favorisent une meilleure accessibilité du patrimoine, elles peuvent également accentuer les inégalités entre les institutions disposant de ressources importantes et celles confrontées à des contraintes techniques ou financières. La réussite de cette transition suppose ainsi un renforcement des compétences numériques, une adaptation des cadres réglementaires et la mise en œuvre de politiques publiques favorisant une transformation numérique inclusive et durable (CESE, 2022 ; OECD, 2020 ; UNESCO, 2021).

3.2. Perspectives pour une gestion patrimoniale intelligente et durable

L'évolution rapide des technologies numériques ouvre de nouvelles perspectives pour la gestion du patrimoine culturel. Au-delà de l'amélioration des pratiques de conservation et de valorisation, ces innovations favorisent l'émergence de modèles de gestion plus intelligents, intégrés et fondés sur les données. L'interconnexion des bases de données patrimoniales, des systèmes d'information géographique (SIG), du Historic Building Information Modeling (HBIM), des technologies de numérisation tridimensionnelle, de l'intelligence artificielle et des jumeaux numériques laisse entrevoir le développement de véritables écosystèmes numériques capables d'assurer un suivi continu des biens patrimoniaux et d'optimiser les processus d'aide à la décision (Niccolucci et al., 2022 ; UNESCO, 2021).

Cette évolution s'inscrit dans une approche de Smart Heritage, qui applique les principes de la ville intelligente (*Smart City*) à la gestion du patrimoine culturel. Elle repose sur une exploitation intégrée des données, une surveillance en temps réel des monuments, une meilleure coordination entre les acteurs institutionnels ainsi qu'une participation renforcée des citoyens. Cette approche permet d'améliorer la résilience des sites patrimoniaux face aux risques naturels, aux pressions urbaines et aux effets du changement climatique, tout en favorisant une gestion plus durable des ressources patrimoniales (ICOMOS, 2020 ; ICCROM, 2013).

Au Maroc, cette dynamique trouve un écho particulier à travers les orientations du Conseil Économique, Social et Environnemental (CESE), qui recommande le renforcement des systèmes d'information patrimoniaux, la numérisation des inventaires, l'amélioration de la gouvernance et le développement des compétences numériques des différents acteurs. Ces recommandations rejoignent les ambitions de la stratégie Digital Morocco 2030, qui place la transformation numérique au cœur des politiques publiques et identifie le numérique comme un levier de modernisation, d'innovation et de développement territorial. Leur mise en œuvre constitue une opportunité pour accélérer la modernisation de la gestion du patrimoine culturel au Maroc et renforcer sa contribution au développement économique, social et touristique (CESE, 2022 ; Ministère de la Transition Numérique et de la Réforme de l'Administration, 2024).

Toutefois, la réussite de cette transition suppose la mise en place d'une stratégie nationale cohérente fondée sur la normalisation des données patrimoniales, le développement de plateformes numériques interopérables, le renforcement des capacités des professionnels ainsi que la consolidation des partenariats entre les institutions publiques, les universités, les centres de recherche et le secteur privé. Elle implique également d'encourager l'innovation, de soutenir

la recherche appliquée et d'assurer une gouvernance numérique garantissant la sécurité, la pérennité et l'accessibilité des données patrimoniales.

Ainsi, la transformation numérique ne constitue pas uniquement une évolution technologique, elle représente un véritable changement de paradigme dans la manière de concevoir, de gérer et de valoriser le patrimoine culturel. En mobilisant les technologies numériques au service de la connaissance, de la conservation et de la participation citoyenne, elle ouvre la voie à une gestion patrimoniale plus intelligente, plus collaborative et plus durable, capable de répondre aux enjeux contemporains tout en assurant la transmission du patrimoine aux générations futures.

Conclusion

La transformation numérique constitue aujourd'hui un levier stratégique pour renouveler les pratiques de gestion du patrimoine culturel face aux défis contemporains liés à sa conservation, sa valorisation et sa transmission. Cet article a montré que cette transformation ne se limite pas à l'adoption de nouvelles technologies, mais traduit une évolution profonde des modes de gouvernance, des processus de gestion et des pratiques de conservation. L'intégration des outils numériques permet ainsi de passer d'une gestion essentiellement réactive à une approche plus intégrée, collaborative et fondée sur les données.

L'analyse des principales technologies mobilisées – bases de données patrimoniales, systèmes d'information géographique (SIG), Historic Building Information Modeling (HBIM), numérisation tridimensionnelle, réalité virtuelle, plateformes numériques, intelligence artificielle, Internet des objets et jumeaux numériques – met en évidence leur complémentarité dans l'amélioration de la connaissance, du suivi, de la conservation et de la valorisation des biens patrimoniaux. Ces outils favorisent une meilleure coordination entre les acteurs, renforcent les capacités d'aide à la décision et contribuent à une diffusion plus large du patrimoine auprès des chercheurs, des gestionnaires et du grand public (Pansoni et al., 2023).

Toutefois, cette transition soulève également plusieurs défis relatifs à l'interopérabilité des systèmes, à la disponibilité des ressources financières, au développement des compétences numériques, à la gouvernance des données ainsi qu'à l'adaptation des cadres juridiques et institutionnels. La réussite de cette transformation suppose dès lors une approche globale associant innovation technologique, renforcement des capacités humaines et coopération entre les différents acteurs impliqués dans la gestion du patrimoine culturel.

Dans le contexte marocain, les orientations portées par le Conseil Économique, Social et Environnemental (CESE) ainsi que les ambitions de la stratégie Digital Morocco 2030 offrent

un cadre favorable à l'accélération de cette dynamique. L'expérience de l'ADER-Fès en matière de systèmes d'information géographique illustre, par ailleurs, le potentiel des technologies numériques pour accompagner la gestion des tissus historiques et ouvre des perspectives intéressantes pour leur généralisation à d'autres sites patrimoniaux du Royaume.

En définitive, la transformation numérique apparaît comme une opportunité majeure pour construire une gestion patrimoniale plus intelligente, plus résiliente et plus durable. Les perspectives offertes par l'intégration des technologies émergentes, notamment les jumeaux numériques et l'intelligence artificielle, laissent entrevoir l'émergence de nouveaux modèles de gouvernance patrimoniale fondés sur une exploitation intégrée des données, une participation accrue des acteurs et une meilleure anticipation des risques. Dans cette perspective, de futures recherches pourraient approfondir l'évaluation des impacts de ces technologies sur la performance des politiques patrimoniales et analyser les conditions de leur mise en œuvre dans les pays en développement, en particulier dans le contexte marocain.

BIBLIOGRAPHIE

- Assmann, J. (2011). *Cultural Memory and Early Civilization: Writing, Remembrance, and Political Imagination*. Cambridge University Press.
- Banfi, F., & Liu, W. (2025). *The State of HBIM in Digital Heritage: A Critical and Bibliometric Assessment of Emerging Frontiers*. *Applied Sciences*.
- Barillet, C., Joffroy, T., & Longuet, I. (2006). *Patrimoine culturel et développement local : Guide à l'attention des collectivités locales africaines*. Grenoble : CRAterre-ENSAG / Convention France-UNESCO / Partenariat pour le Développement Municipal.
- Bekele, M. K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E. S., & Gain, J. (2018). A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 11(2), 1-36.
- Borel-Dubourg, S., Beguet, F., Panneau, M., Raffin, R., & Quéré, G. (2025). *L'apport du HBIM dans les humanités numériques : Pour une synergie entre archéologie, architecture, informatique graphique et gestion patrimoniale*. HAL.
- Bruno, S., De Fino, M., & Fatiguso, F. (2018). Historic Building Information Modelling: Performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management. *Automation in Construction*, 86, 256-276.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- Cameron, F., & Kenderdine, S. (2007). *Theorizing Digital Cultural Heritage: A Critical Discourse*. MIT Press.
- Choay, F. (1992). *L'allégorie du patrimoine*. Paris : Éditions du Seuil.
- Conseil Économique, Social et Environnemental (CESE). (2022). *Pour une nouvelle vision de gestion et de valorisation du patrimoine culturel*. Rabat.
- Cour des comptes. (2016). *Stratégie de réhabilitation du tissu ancien : Cas de l'Agence pour le Développement et la Réhabilitation de la Ville de Fès (ADER-Fès)*. Rabat.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). Wiley.
- European Commission. (2019). *Digitisation, Online Accessibility and Digital Preservation of Cultural Heritage*. Brussels.
- Gilliland, A. J. (2016). Setting the stage. In M. Baca (Ed.), *Introduction to Metadata* (3rd ed.). Getty Publications.

- ICOM CIDOC CRM Special Interest Group. (2023). *CIDOC Conceptual Reference Model (Version 7.1.3)*.
- ICOMOS. (2011). *Guidance on Heritage Impact Assessments for Cultural World Heritage Properties*. Paris: ICOMOS.
- Jokilehto, J. (2005). *Definition of Cultural Heritage: References to Documents in History*. ICCROM.
- Lévy, P. (1997). *Cyberculture*. Paris : Odile Jacob.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems* (4th ed.). Wiley.
- Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling: Adding intelligence to laser and image-based surveys. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89-102.
- Niccolucci, F., Felicetti, A., & Hermon, S. (2022). Populating the Digital Space for Cultural Heritage with Heritage Digital Twins.
- Niccolucci, F., & Felicetti, A. (2024). Digital Twin Sensors in Cultural Heritage Applications.
- OECD. (2020). *The OECD Digital Government Policy Framework: Six Dimensions of a Digital Government*. OECD Publishing.
- Pansoni, S., Tiribelli, S., Paolanti, M., & Giovanola, B. (2023). Artificial Intelligence and Cultural Heritage: Design and Assessment of an Ethical Framework. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-M-2-2023*, 1149-1156.
- Remondino, F., & Campana, S. (Eds.). (2014). *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage*. Archaeopress.
- Smith, L. (2006). *Uses of Heritage*. Routledge.
- UNESCO. (1972). *Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage*. Paris: UNESCO.
- UNESCO. (2003). *Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*. Paris: UNESCO.
- UNESCO. (2005). *Convention on the Protection and Promotion of the Diversity of Cultural Expressions*. Paris: UNESCO.
- UNESCO. (2011). *Recommendation on the Historic Urban Landscape*. Paris: UNESCO.
- UNESCO. (2015). *Recommendation concerning the Preservation of, and Access to, Documentary Heritage Including in Digital Form*. Paris: UNESCO.

UNESCO. (2021). *Dive into Heritage*.

Ministère de la Transition Numérique et de la Réforme de l'Administration. (2024). *Digital Morocco 2030*.

Wijesuriya, G., Thompson, J., & Young, C. (2013). *Managing Cultural World Heritage*. Paris: UNESCO World Heritage Centre.

World Bank. (2021). *Digital Development Overview*. Washington, DC: World Bank.