Art-Risk 1 Terra Inspector

MODE D'EMPLOI

Projet de recherche ART-RISK, Intelligence artificielle appliquée à la conservation préventive des bâtiments patrimoniaux (BIA 2015-64878-R)

Chercheuse principale :

Pilar Ortiz Calderón : IP de l'équipe. Docteure en chimie. Université Pablo de Olavide.

Équipe de recherche et collaborateurs :

Rocío Ortiz Calderón : Docteure en architecture. Université Pablo de Olavide.
Juan Manuel Macías : Docteur en architecture. Université de Séville.
María Auxiliadora Gómez Morón : Docteure en chimie. Université de Séville.
Dolores Segura Pachón : Docteure en biologie. Université Pablo de Olavide.
M. Ángeles Garrido Vizuete : Docteure en mathématiques. Université de Séville. Daniel Cagigas Muñiz : Docteur en informatique. Université de Séville.
Ana Velosa : Docteure en ingénierie civile. Université d'Aveiro (Portugal).
Maurizio Indirli : Docteur en géologie. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo económico sostenibile (ENEA), (Italie).
Giuseppina Padeletti : Docteure en chimie. Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Italie.
José María Martín Ramírez : Géologue. Master en lasers et applications en chimie. Université Pablo de Olavide de Séville.
María Auxiliadora Gómez Morón : Chimiste. Master en lasers et applications en chimie. Université Pablo de Olavide.
Arturo Pérez Plaza : Archéologue. Master en architecture et patrimoine historique. Conseiller technique en archéologie sous contrat. Dirección General de Bienes Culturales y Museos, Consejería de Cultura, Junte d'Andalousie.
Gemma Contreras Zamorano : Restauratrice-conservatrice. Master en diagnostic de l'état de conservation du patrimoine historique. Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de la Communauté valencienne.
Virginia Cisternas : Architecte. Spécialiste en restauration architecturale. Master en diagnostic de l'état de conservation du patrimoine historique. Xiloscopio Conservación y Restauración (Valparaíso, Chili).
María Isabel Turbay : Architecte. Master en diagnostic de l'état de conservation du patrimoine historique. Fundación Universitaria de Popayán (Popayán, Colombie).
Javier Becerra Luna : Restaurateur-conservateur. Master en diagnostic de l'état de conservation du patrimoine historique. Université Pablo de Olavide.
Andrés José Prieto Ibáñez : Diplôme en construction. Master en gestion globale du bâtiment. Université de Séville. Espagne.
Julia Benítez Jiménez : Écologiste. Master en diagnostic de l'état de conservation du patrimoine historique. Université Pablo de Olavide.
Ana María Tirado Hernández : Licence en sciences de l'environnement, Master en diagnostic de l'état de conservation du patrimoine historique. Université Pablo de Olavide.

Financé par :

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD
UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

Projet de recherche : Intelligence artificielle et nouvelles technologies appliquées à la prévention et à la gestion des incendies et des catastrophes naturelles dans le patrimoine culturel (PC) mobilier et immobilier (FENIX) (PID2019-107257RB-I00)

Chercheuse principale :

Pilar Ortiz (service Systèmes physiques, chimiques et naturels, université Pablo de Olavide)

Équipe de recherche et collaborateurs :

Rocío Ortiz Calderón : Docteure en architecture. Université Pablo de Olavide.
Macarena Tejada Tejada : Docteure en géographie et histoire. Université Pablo de Olavide.
Dolores Segura Pachón : Docteure en biologie. Université Pablo de Olavide.
Serafín Ojeda Casares : Docteur en géographie et histoire. Université Pablo de Olavide.
Juan Manuel Macías : Docteur en architecture. Université de Séville.
María de los Ángeles Garrido Vizuete : Docteure en mathématiques. Université de Séville.
María Josefa Chávez de Diego : Docteure en mathématiques. Université de Séville.
Daniel Cagigas Muñiz : Docteur en informatique. Université de Séville.
Gemma Contreras Zamorano : Docteure en restauration-conservation. Institut Valencià de Conservació, Restauració i Investigación.
Inmaculada Chuliá Blanco : Docteure en restauration-conservation. Institut Valencià de Conservació, Restauració i Investigación.
Javier Becerra Luna : Docteur en restauration-conservation. Université Pablo de Olavide.
José María Martín Ramírez : Géologue. Master en lasers et applications en chimie. Université Pablo de Olavide de Séville.
María Auxiliadora Gómez Morón : Chimiste. Master en lasers et applications en chimie. Université Pablo de Olavide.
Julia María Martín Martínez : Géologue. Master en lasers et applications en chimie. Université Pablo de Olavide.
Julia Benítez Jiménez : Université Pablo de Olavide.
Jesús Jurado Estévez : Université Pablo de Olavide.
Ana María Tirado Hernández : Université Pablo de Olavide.
Arturo Pérez Plaza : Archéologue. Master en architecture et patrimoine historique. Conseiller technique en archéologie sous contrat. Dirección General de Bienes Culturales y Museos, Consejería de Cultura, Junte d'Andalousie.
Paula Montilla Gómez : Site de conservation et œuvres du patrimoine historique. Junte d'Andalousie. Elena Gandía Guijarro : Institut Valencià de Conservació, Restauració i Investigación.
Andrzej M. J. Skulimowski : AGH University of Science and Technology de Cracovie.
Antonio Formisano : Universitá di Napoli Federico II.
George Papadopoulos : Université de Chypre.
Andrés José Prieto Ibáñez : Université australe du Chili.
María Isabel Turbay : Architecte. Master en diagnostic de l'état de conservation du patrimoine historique. Fundación Universitaria de Popayán (Popayán, Colombie).
Mónica Moreno Falcón : Archéologue. Spécialiste en systèmes d'information géographique. Master en diagnostic de l'état de conservation du patrimoine historique. Université Pablo de Olavide. Laura Toro Murillo : Licence en biologie de l'université de Séville. Technicienne de soutien à la recherche à l'université Pablo de Olavide.

Financé par

Projet de recherche : Diagnostic et catalogage du patrimoine architectural andalou par analyse des risques et vulnérabilités (MURALLAS) (UPO.20-01)

Chercheuse principale :

Pilar Ortiz (service Systèmes physiques, chimiques et naturels, université Pablo de Olavide)

Équipe de recherche et collaborateurs :

Rocío Ortiz Calderón : Docteure en architecture. Université Pablo de Olavide.
Javier Becerra Luna : Docteur en restauration-conservation. Université Pablo de Olavide.
Dolores Segura Pachón : Docteure en biologie. Université Pablo de Olavide.
Engagement de l'équipe de travail :
Mónica Moreno Falcón : Archéologue. Spécialiste en systèmes d'information géographique. Master en diagnostic de l'état de conservation du patrimoine historique. Université Pablo de Olavide. Pablo de la Cruz Pérez : Historien. Spécialiste en histoire moderne. Université Pablo de Olavide.

Financé par

Projet de recherche : Analyse de faisabilité et tests auprès des utilisateurs finaux d'applications pour la prévention et la gestion des incendies ou des catastrophes naturelles pour la conservation du patrimoine culturel mobilier et immobilier (FENIX 4.0) (PDC2022-133157-I00)

Chercheuse principale :

Pilar Ortiz (service Systèmes physiques, chimiques et naturels, université Pablo de Olavide)

Équipe de recherche et collaborateurs :

Rocío Ortiz Calderón : Docteure en architecture. Université Pablo de Olavide.
Javier Becerra Luna : Docteur en restauration-conservation. Université Pablo de Olavide.
Dolores Segura Pachón : Docteure en biologie. Université Pablo de Olavide.
Macarena Tejada Tejada : Docteure en géographie et histoire. Université Pablo de Olavide.
María Auxiliadora Gómez Morón : Docteure en chimie. Université Pablo de Olavide. Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico.
Daniel Cagigas Muñiz : Docteur en informatique. Université de Séville.
Isabel González Díez : Docteure en géologie.
María Luisa Vázquez Agredos Pascual : Docteure en géographie et histoire de l'université de Valence. Docteure en histoire de l'art de l'université polytechnique de Valence.
Gemma Contreras Zamorano : Docteure en restauration-conservation. Institut Valencià de Conservació, Restauració i Investigación.
Inmaculada Chuliá Blanco : Docteure en restauration-conservation. Institut Valencià de Conservació, Restauració i Investigación.
María de los Ángeles Garrido Vizuete : Docteure en mathématiques. Université de Séville.
Mónica Moreno Falcón : Archéologue. Spécialiste en systèmes d'information géographique. Docteure en histoire. Université Pablo de Olavide.
Pablo de la Cruz Pérez : Historien. Spécialiste en histoire moderne. Université Pablo de Olavide.
Laura Toro Murillo : Biologiste. Doctorante. Université Pablo de Olavide.
Andrea Gil Torrano : Chimiste. Doctorante. Université Pablo de Olavide.
Rafael Barea : Informaticien. Université Pablo de Olavide.
Jaime Eduardo del Palacio Pérez : Directeur des opérations de Mission Track.
Pablo Muñoz del Olmo : Chef du service d'incendie de Cuenca. Présidente de la fondation Fuego.

Financé par :

Remerciements : Les chercheurs du projet tiennent à remercier tous les experts qui ont participé au modèle de consultation DELPHI et les organisations qui ont collaboré à la réalisation d'inspections techniques, à l'évaluation des résultats et, d'une manière générale, à la discussion des procédures dans une perspective interdisciplinaire et scientifique. À cet égard, il convient de souligner l'intérêt et la collaboration de l'archevêché de Séville, et en particulier des curés et responsables des paroisses d'Omnium Sanctorum, San Marcos, San Román et Santa María Magdalena, ainsi que de la confrérie de la Résurrection, chargée de l'entretien de l'église de Santa Marina ; de la mairie de Morella (Valence) et de l'église archipresbytérale de Santa María, de la mairie de Popayán, du Centre provincial du patrimoine culturel de Matanzas et du Bureau du conservateur de la ville de Cienfuegos. Nous tenons à remercier l'Institut espagnol du patrimoine culturel (IPCE), le Ministère de la culture et du patrimoine historique du Gouvernement régional d'Andalousie, l'Institut andalou du patrimoine historique (IAPH), l'Institut valencien de conservation, de restauration et recherche (IVCR+i), l'Institut national de recherche et développement en optoélectronique (INOE 2000), le Réseau de science et technologie pour la conservation du patrimoine culturel (TechnoHeritage), l'université des arts de Cuba, le Centre d'études de l'Institut cubain de radio et télévision, la Fondation universitaire de Popayán, l'université nationale d'Amazonas Toribio Rodríguez de Mendoza et l'université australe du Chili pour leur soutien institutionnel et leur collaboration dans le développement du projet, ainsi que les sociétés GEYSER S.L. et Elabora S.L.

Logiciel enregistré pour l'Espagne sous le numéro SE-967-19 au Registre de la propriété intellectuelle.

Le présent manuel est publié à des fins d'information et d'éducation uniquement et ne peut être interprété comme des conseils professionnels. Ses auteurs déclinent toute responsabilité pouvant découler de l'utilisation des informations contenues dans le présent manuel.

Conformément à la loi 3/2007 du 22 mars sur l'égalité effective des femmes et des hommes, toute référence dans les présentes lignes directrices à des personnes, groupes, etc., dont le genre est masculin se référera au genre grammatical neutre, incluant ainsi la possibilité de se référer à la fois aux femmes et aux hommes.

TABLE DES MATIÈRES

1. Qu'est-ce qu'Art-Risk 1 Terra Inspector et à quoi sert-il ? 8

2. Concepts de base utilisés dans Art-Risk 1 Terra Inspector 8

3. Comment utiliser Art-Risk 1 Terra Inspector ? 10

3.1. Premier écran : Registre des pathologies 10

3.2. Deuxième écran : Registre d'agents de dégradation 12

4. Rapport 15

Bibliographie 16

Annexe 1. Glossaire des pathologies 17

1. Qu'est-ce qu'Art-Risk 1 Terra Inspector et à quoi sert-il ?

Art-Risk 1.0 Terra Inspector® est une application logicielle utilisée pour évaluer la vulnérabilité des fortifications murales en enregistrant la fréquence et l'ampleur des indicateurs d'altération qu'elles présentent.

Cette application est basée sur la méthodologie Art Risk 1 pour l'analyse des risques dans les environnements patrimoniaux (Ortiz & Ortiz, 2016 ; Moreno et al. 2019) et permet à l'utilisateur de calculer l'intensité des dommages enregistrés dans le diagnostic pour obtenir un indice de vulnérabilité, qui contribue à connaître l'état de conservation de la fortification du mur analysé et à pouvoir analyser comparativement de grandes zones. La méthodologie pour les murs a été validée dans 57 fortifications de tapia en Andalousie (Moreno, 2023).

L'application est disponible en ligne pour sa libre utilisation (https://www.upo.es/investiga/art-risk-service/art-risk1/artrisk1) et a été développé par l'université Pablo de Olavide (PAI TEP 199) dans le cadre des projets :

1. Intelligence artificielle appliquée à la conservation préventive des bâtiments patrimoniaux (ART-RISK) (BIA 2015-64878-R).
2. Intelligence artificielle et nouvelles technologies appliquées à la prévention et à la gestion des incendies et des catastrophes naturelles dans le patrimoine culturel (PC) mobilier et immobilier (FENIX) (PID2019-107257RB-I00).
3. Diagnostic et catalogage du patrimoine architectural andalou par analyse des risques et vulnérabilités (MURALLAS) (UPO.20-01).
4. Analyse de faisabilité et tests auprès des utilisateurs finaux d'applications pour la prévention et la gestion des incendies ou des catastrophes naturelles pour la conservation du patrimoine culturel mobilier et immobilier (FENIX 4.0) (PDC2022-133157-I00).

2. Concepts de base utilisés dans Art-Risk 1 Terra Inspector

Pour comprendre Art-Risk 1.0 Terra Inspector, l'utilisateur doit connaître les concepts de base suivants :

1. UAM : il s'agit de l'acronyme d'Unité d'analyse minimale. Ce terme désigne la structure constructive minimale d'analyse utilisée dans le diagnostic. Par exemple, dans une enceinte fortifiée, chacune des tours, des murs et des portes d'accès constituerait une UAM indépendante dans laquelle seraient enregistrés des indicateurs d'altération ou de pathologies.
2. Indicateurs d'altération ou de pathologies : il s'agit d'altérations ou de dommages qui affectent un bien patrimonial. La liste des indicateurs d'altération ou de pathologies utilisée par Art-Risk 1.0 a été adaptée du « Glossaire illustré des formes de détérioration des pierres » d' ICOMOS (https://openarchive.icomos.org/id/eprint/2089/1/spanish_glossary.pdf). Pour plus d'informations, consulter le glossaire des pathologies en annexe 1.

3. Facteurs d'altération ou agents de dégradation : il s'agit de phénomènes ou d'éléments susceptibles de déclencher la présence d'indicateurs d'altération ou de pathologies détectés dans un bien patrimonial. Dans Art-Risk 1.0, vous pouvez enregistrer 18 facteurs d'altération ou agents de dégradation de nature climatique, géotechnique et anthropique.

4. Fréquence : fréquence à laquelle un indicateur d'altération ou de pathologies se manifeste dans une UAM. La fréquence peut être enregistrée sur une note de 0 à 3.

    - 0 indique que la pathologie n'a pas été observée dans l'UAM
    - 1 indique que la pathologie est difficile à apprécier lors de l'inspection visuelle de l'UAM
    - 2 indique que la pathologie est facile à apprécier lors de l'inspection visuelle de l'UAM
    - 3 indique que sa présence est très élevée et occupe plus de 50 % de la surface de l'UAM. Dans le cas de fractures ou d'autres pathologies linéaires, cette valeur est considérée lorsqu'il y a 1 fracture qui affecte 90 % de la hauteur de l'UAM ou au moins 2 fractures qui affectent 50 % de la hauteur de l'UAM.

5. Importance : gravité ou capacité à causer des dommages de chaque indicateur d'altération ou de pathologie. L'importance varie de 1 à 5 selon le degré de nuisance de la présence de cette pathologie à la conservation de la structure. À titre d'exemple, une rubéfaction a une importance de 1, tandis qu'une fracture a une importance de 5. C'est parce que la présence de fractures dans une structure est beaucoup plus dommageable pour celle-ci qu'une rubéfaction. La pathologie de fragmentation est la seule qui présente une importance de 10 car elle est la somme de deux pathologies : fracturation plus déplacement.

6. Intensité : gravité des dommages ou des pathologies. Elle est calculée en fonction de l'importance ou de la gravité et de la fréquence ou de la probabilité des pathologies enregistrées (Ortiz&Ortiz, 2016 ; Moreno et al. 2019 ; Moreno, 2023 ; Ministère espagnol de la culture et des sports, 2019).

7. Vulnérabilité : susceptibilité d'une UAM ou de toutes les UAM à être affectées par des dangers externes potentiels. Art-Risk 1.0 Terra Inspector calcule la vulnérabilité comme une variable interne et externe, basée sur l'analyse de l'intensité des pathologies présentées et des facteurs d'altération qui existent dans l'environnement. À cette fin, il utilise des matrices de type Léopold (Ortiz, 2014 ; Moreno, 2023).

8. Indice de vulnérabilité (VI) : mesure quantifiée exprimée en pourcentage, qui relie la vulnérabilité enregistrée dans une UAM ou une fortification au pire scénario possible dans cette UAM ou cette fortification.

3. Comment utiliser Art-Risk 1 Terra Inspector ?

L'application Art Risk 1.0 Terra Inspector demande à l'utilisateur de saisir diverses données concernant les pathologies et les facteurs identifiés dans le diagnostic. À cet effet, l'outil dispose de 2 écrans consécutifs dans lesquels enregistrer ces données.

3.1. Premier écran : Registre des pathologies

Le premier écran permet de saisir les données de base sur le diagnostic (nom de la fortification analysée et date du diagnostic) et la fréquence d'apparition des pathologies enregistrées dans une UAM.

En bas de l'écran se trouve une liste de 22 pathologies avec leur importance associée. En dessous de la liste apparaissent par défaut les cases de la première UAM, toutes marquées du numéro 0 (Figure 1). Ces cases doivent être remplies avec des valeurs de 1, 2 ou 3 selon la fréquence à laquelle chacune de ces pathologies apparaît dans les UAM analysées. Si une pathologie n'apparaît pas dans une UAM, il convient de laisser une valeur de 0. Il est essentiel de s'assurer qu'aucune case n'est laissée vide pour que l'application fonctionne. Pour chacune des UAM, il y a également deux cases pour saisir leurs coordonnées.

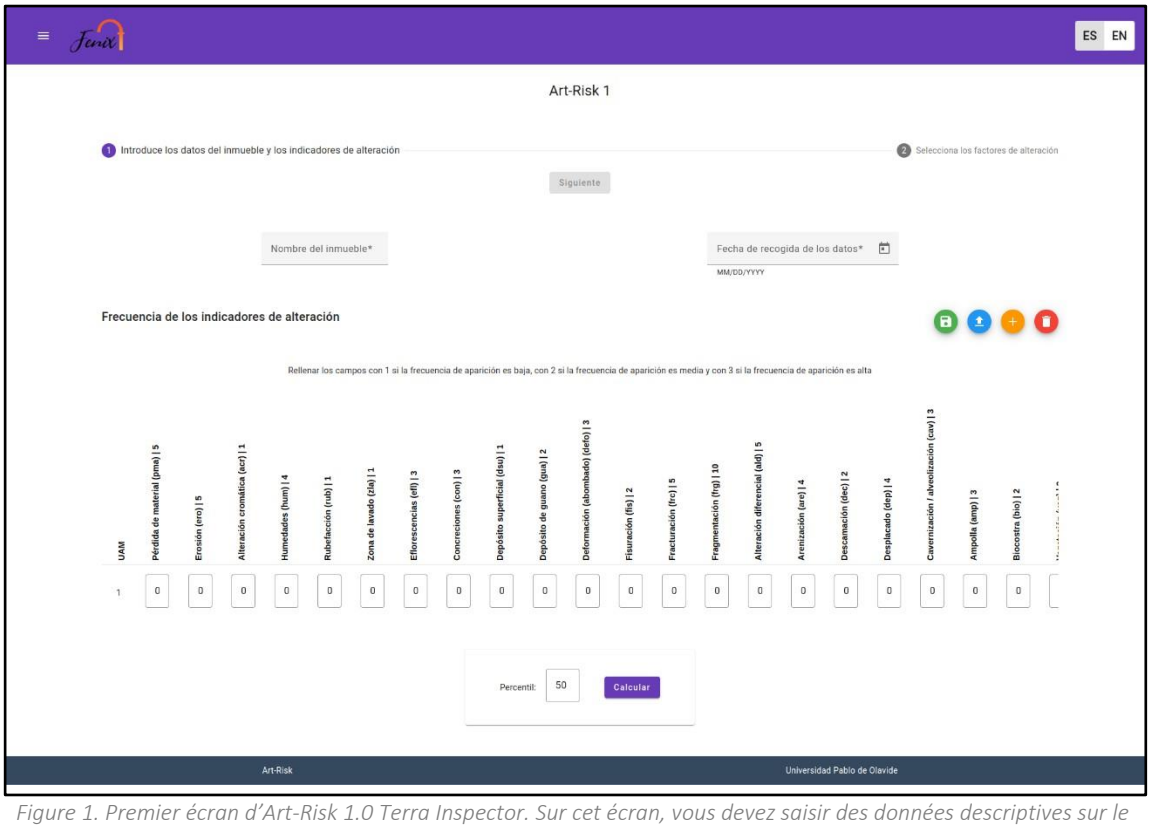


Figure 1. Premier écran d'Art-Risk 1.0 Terra Inspector. Sur cet écran, vous devez saisir des données descriptives sur le diagnostic et les indicateurs d'altération présents dans chaque UAM.

En saisissant les pathologies enregistrées dans une seule UAM, l'application pourra calculer la vulnérabilité de cette UAM. En saisissant des données sur toutes les UAM qui composent une fortification, l'application pourra calculer sa vulnérabilité.

Pour ajouter plus d'UAM, cliquez sur le bouton au-dessus de la liste des pathologies. Le bouton permet de supprimer la dernière UAM (Figure 2). De plus, le bouton vous permet d'enregistrer temporairement les données des UAM dans l'application, et le bouton vous permet de les charger à nouveau. La figure 2 est un exemple d'utilisation de l'application pour 10 UAM.

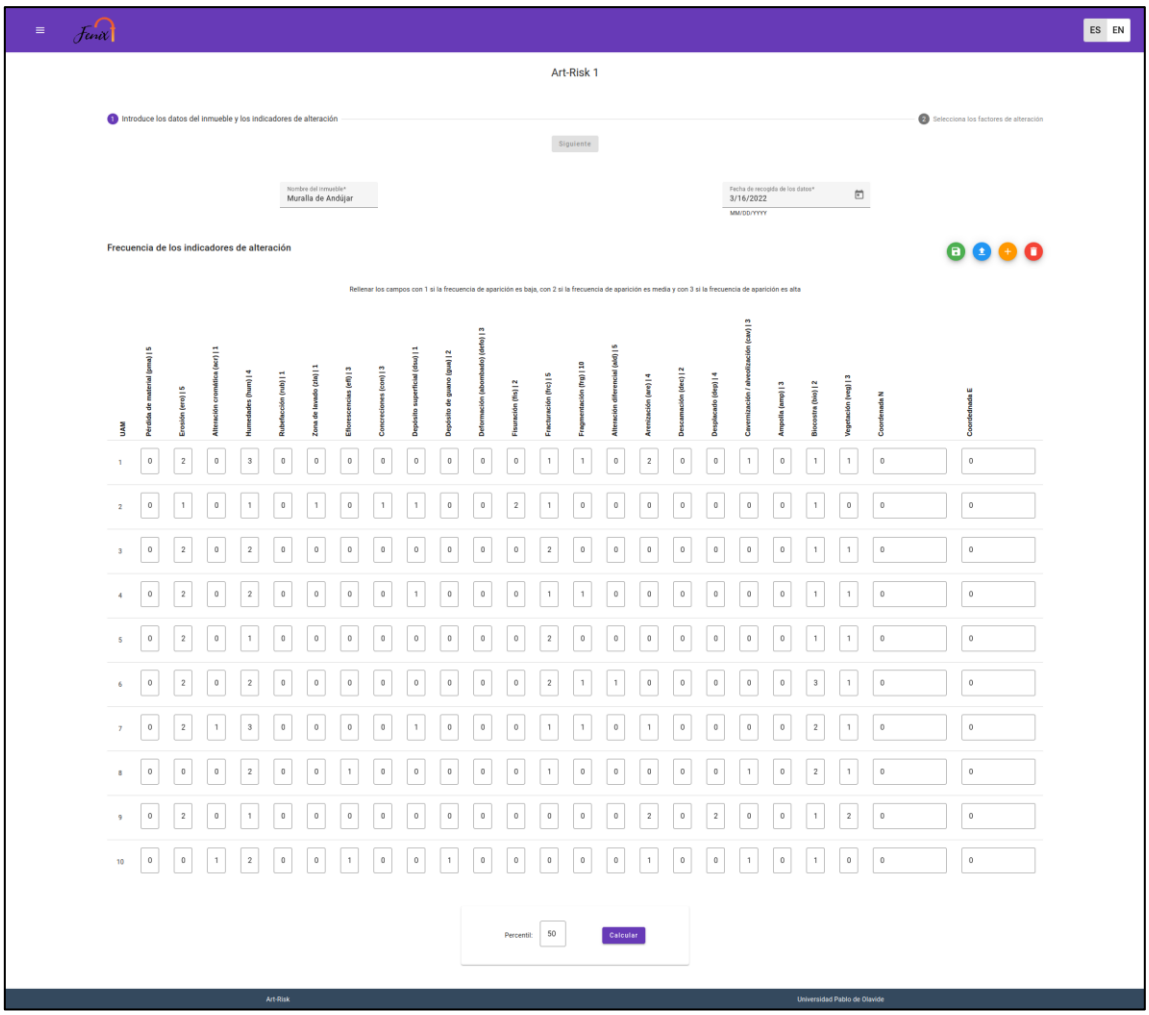


Figure 2. Premier écran d'Art-Risk 1.0 Terra Inspector. Dans ce cas, on a saisi les fréquences des indicateurs d'altération enregistrés dans 10 UAM.

En appuyant sur le b Calcular l'application calcule l'intensité des dommages de la fortification en cours d'analyse, puis génère un tableau et un graphique à barres avec la fréquence d'apparition des pathologies (Figure 3). L'intensité des dommages est obtenue à partir de la médiane des pathologies enregistrées (50è percentile). De plus, l'application vous permet de modifier le percentile à partir duquel vous souhaitez calculer l'intensité des dommages.

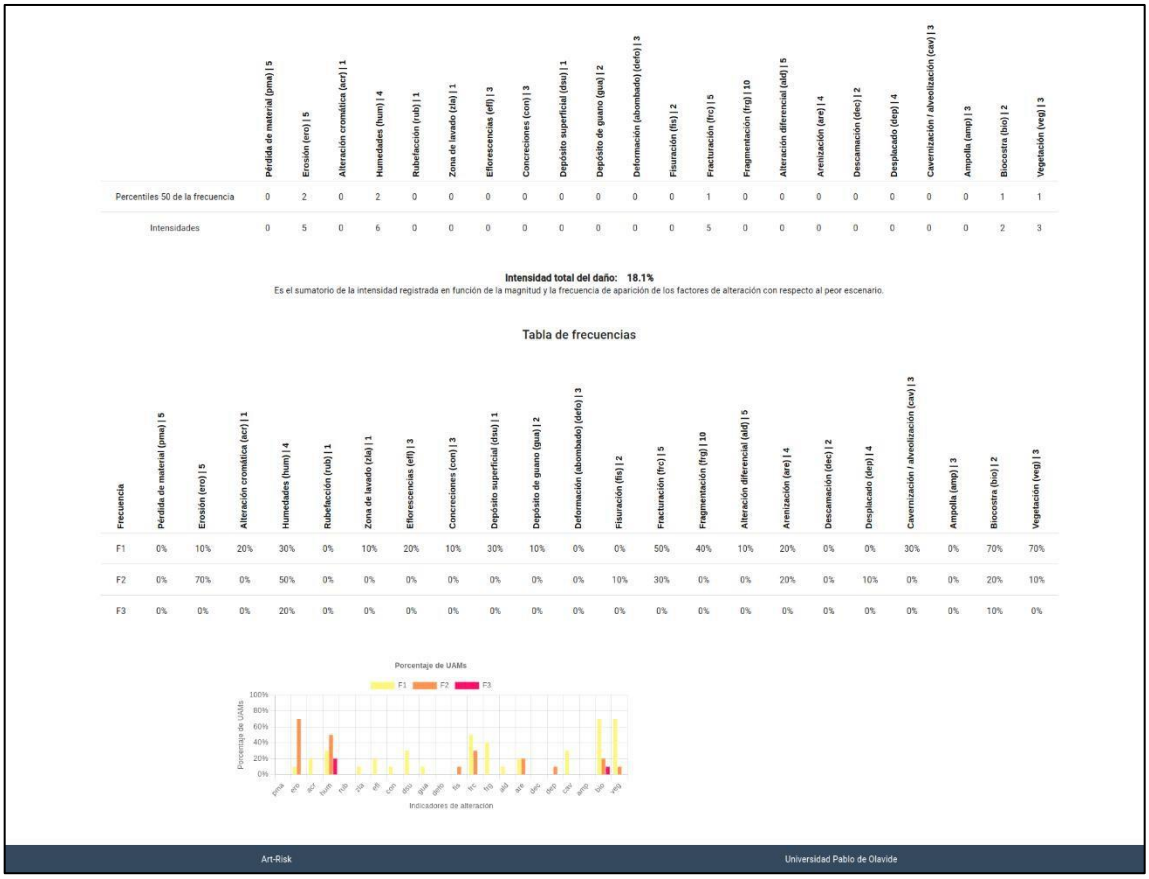


Figure 3. Tableau et graphique à barres montrant la fréquence d'apparition des pathologies dans une fortification composée de 10 UAM.

3.2. Deuxième écran : Registre d'agents de dégradation

Une fois la présence de pathologies enregistrée, l'application permet d'accéder à un deuxième écran où vous pouvez documenter les facteurs environnementaux influençant l'apparition de ces pathologies.

Pour accéder à ce deuxième écran, vous devez appuyer sur le bo Siguiente dans la partie supérieure du premier écran. Vous verrez ci-dessous une matrice reliant les 22 pathologies aux 18 facteurs d'altération ou agents de dégradation qui peuvent être à l'origine de leur apparition (Figure 4).

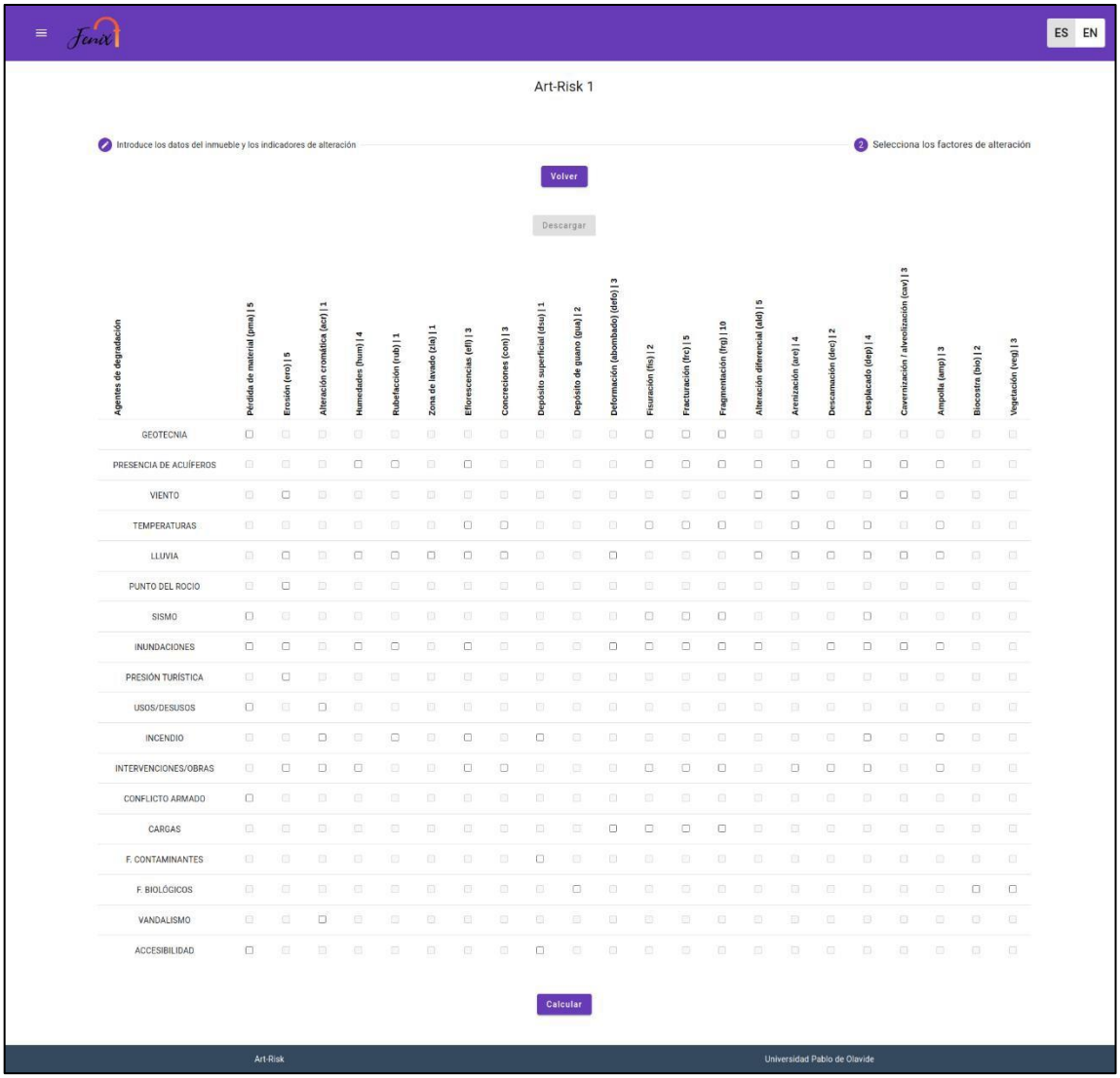


Figure 4. Deuxième écran d'Art-Risk 1.0 Terra Inspector. Ici, vous pouvez saisir les données relatives aux agents de dégradation responsables des indicateurs d'altération enregistrés sur l'écran précédent.

Pour calculer l'indice de vulnérabilité (IV), vous devez cocher les cases des facteurs d'altération ou des agents de dégradation qui sont à l'origine de la présence d'un indicateur d'altération ou d'une pathologie. Vous ne pouvez sélectionner que les cases dans lesquelles une relation entre la présence de cet agent altérant et le développement de la pathologie est possible. Ces cases sont marquées d'une bordure noire. Ce tableau permet de cocher autant de cases que nécessaire pour une même pathologie (Figure 5).

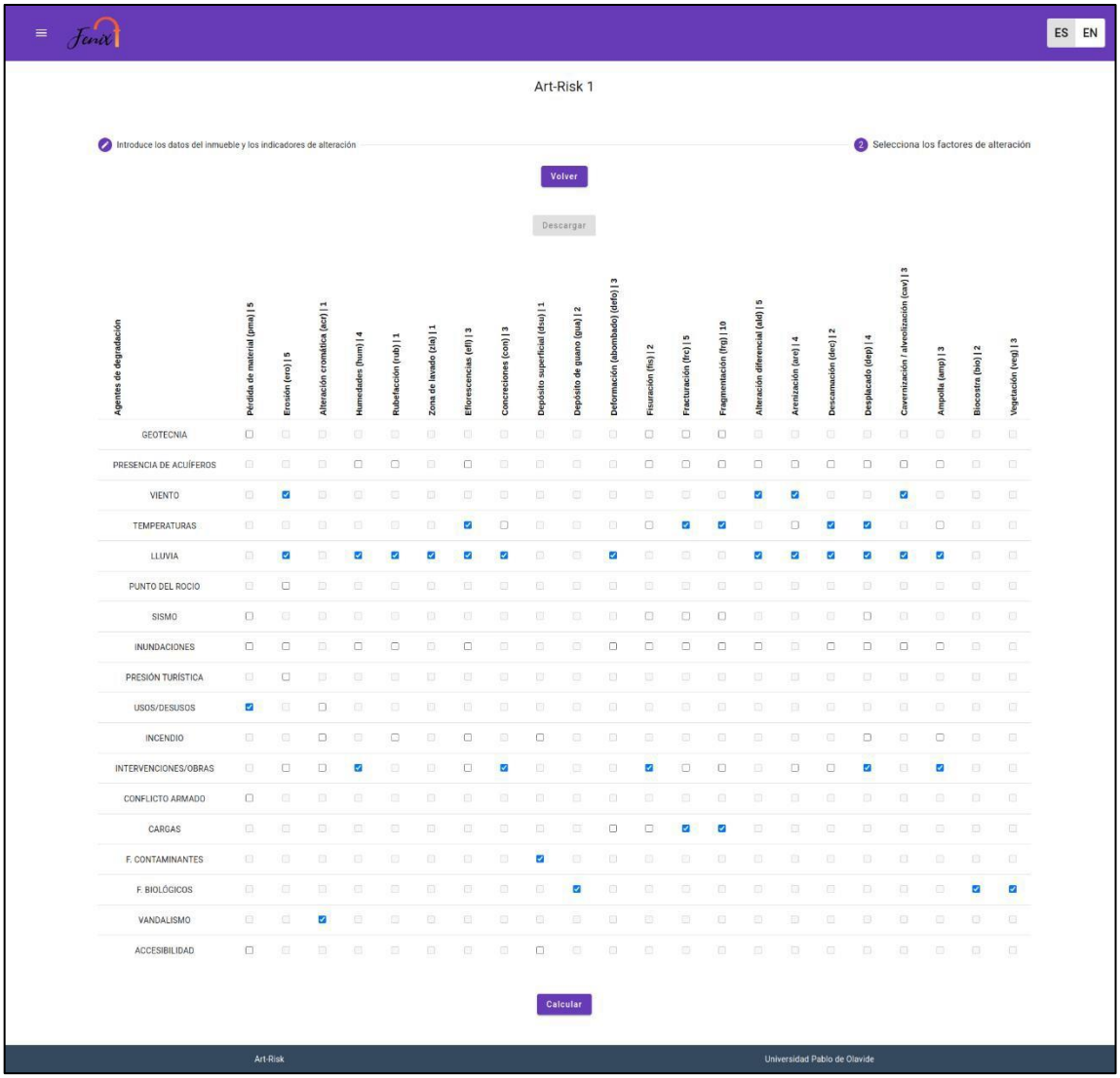


Figure 5. Deuxième écran d'Art-Risk 1.0 Terra Inspector avec les données relatives aux agents de dégradation responsables des indicateurs d'altération enregistrés

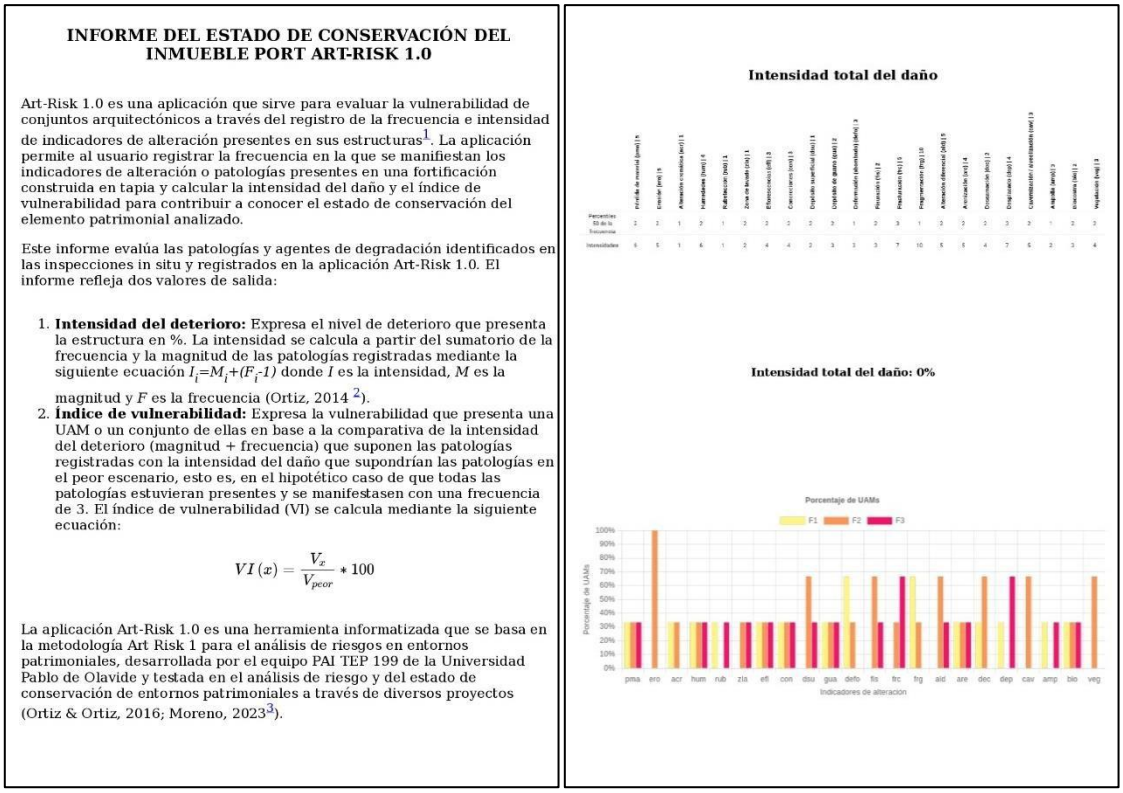
Une fois les cases nécessaires cochées, vous devez appuyer sur le bouton Calculer pour qu'ArtRisk 1.0 Terra Inspector calcule l'indice de vulnérabilité (IV) (Figure 6).

Figure 6. Indice de vulnérabilité calculé par l'application Art-Risk 1.0 Terra Inspector à partir des données enregistrées

4. Rapport

Une fois les données saisies et l'indice de vulnérabilité calculé, l'application Art-Risk 1.0 Terra Inspector vous permet de télécharger un rapport en cliquant sur le bouton descargar Cette option génère un document au format PDF avec la méthodologie suivie et les calculs effectués par l'application (Figure 7).

télécharger



INFORME DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL INMUEBLE PORT ART-RISK 1.0

Art-Risk 1.0 es una aplicación que sirve para evaluar la vulnerabilidad de conjuntos arquitectónicos a través del registro de la frecuencia e intensidad de indicadores de alteración presentes en sus estructuras[1]. La aplicación permite al usuario registrar la frecuencia en la que se manifiestan los indicadores de alteración o patologías presentes en una fortificación construida en tapia y calcular la intensidad del daño y el índice de vulnerabilidad para contribuir a conocer el estado de conservación del elemento patrimonial analizado.

Este informe evalúa las patologías y agentes de degradación identificados en las inspecciones in situ y registrados en la aplicación Art-Risk 1.0. El informe refleja dos valores de salida:

1. **Intensidad del deterioro:** Expresa el nivel de deterioro que presenta la estructura en %. La intensidad se calcula a partir del sumatorio de la frecuencia y la magnitud de las patologías registradas mediante la siguiente ecuación $I_i=M_i+(F_i-1)$ donde I es la intensidad, M es la magnitud y F es la frecuencia (Ortiz, 2014 [2]).
2. **Índice de vulnerabilidad:** Expresa la vulnerabilidad que presenta una UAM o un conjunto de ellas en base a la comparativa de la intensidad del deterioro (magnitud + frecuencia) que suponen las patologías registradas con la intensidad del daño que supondrían las patologías en el peor escenario, esto es, en el hipotético caso de que todas las patologías estuvieran presentes y se manifestasen con una frecuencia de 3. El índice de vulnerabilidad (VI) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$VI\,(x) = \frac{V_x}{V_{peor}} * 100$$

La aplicación Art-Risk 1.0 es una herramienta informatizada que se basa en la metodología Art Risk 1 para el análisis de riesgos en entornos patrimoniales, desarrollada por el equipo PAI TEP 199 de la Universidad Pablo de Olavide y testada en el análisis de riesgo y del estado de conservación de entornos patrimoniales a través de diversos proyectos (Ortiz & Ortiz, 2016; Moreno, 2023[3]).

Figure 7. Rapport sur l'état de conservation de la fortification obtenu auprès d'Art-Risk 1.0 Terra Inspector.

Bibliographie

Ortiz, R. (2014). Analyse de vulnérabilité et de risque dans des bâtiments uniques à Séville. Thèse de doctorat. Université Pablo de Olavide.

Ortiz, R., & Ortiz, P. (2016). Vulnerability index: A new approach for preventive conservation of monuments. International Journal of Architectural Heritage, 10(8), 1078- 1100. https://doi.org/10.1080/15583058.2016.1186758

Ministère espagnol de la culture et des sports (2019) Guide pour l'élaboration et l'implantation de plans de conservation préventive. Disponible à l'adresse : https://www.cultura.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:96f79a4b-3b08-4198-81f4- b854d2a832bd/guia-elaboraci-n-planes.pdf

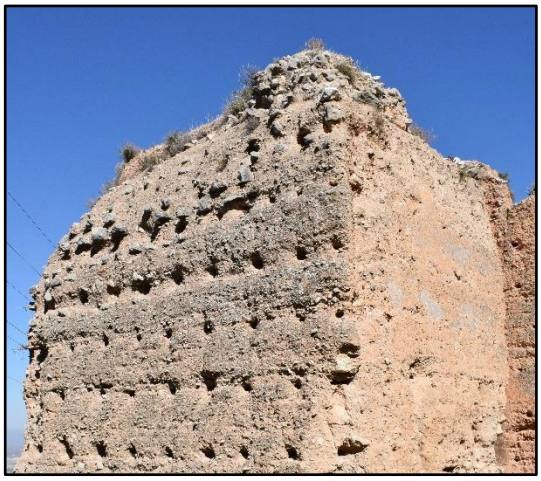
Moreno, M. Ortiz, P. & Ortiz, R. (2019) Vulnerability study of earth walls in urban fortifications using cause-effect matrixes and gis: The case of seville, carmona and estepa defensive fences. Mediterr. Archaeol. Archaeom, 19, 119-138. https://doi.org/10.5281/zenodo.3583063

Moreno, M. (2023) Nouvelles technologies géospatiales appliquées à la gestion des risques en milieu patrimonial : préservation des fortifications en pisé par télédétection, indices de vulnérabilité et systèmes d'information géographique. Thèse de doctorat. Université Pablo de Olavide.

Annexe 1. Glossaire des pathologies

Vous trouverez ci-dessous un glossaire visuel des indicateurs d'altération ou de pathologies utilisés dans l'application Art-Risk 1.0 Terra Inspector[1].

Indicateur d'altération : Perte de matériau.	
Espace vide où devait se situer le matériau.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Géotechnique, tremblement de terre, inondation, utilisation/absence d'utilisation, conflit armé, accessibilité.	

Indicateur d'altération : Érosion.	
Perte de la surface d'origine qui entraîne une érosion des formes.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Vent, pluie, rosée, inondation, pression touristique, interventions/travaux.	

[1] Pour plus d'informations sur les pathologies de ce glossaire, vous pouvez consulter : Moreno, M., Ortiz, P., & Ortiz, R. (2019). Vulnerability study of earth walls in urban fortifications using cause-effect matrixes and GIS: The case of Seville, Carmona and Estepa defensive fences. *Mediterr. Archaeol. Archaeom*, 19, 119-138. DOI: 10.5281/zenodo.3583063

Indicateur d'altération : Altération chromatique .	
Changements de teinte, de saturation et/ou de luminosité sur la surface.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Utilisation/absence d'utilisation, incendie, interventions/travaux, vandalisme.	

Indicateur d'altération : Humidité.	
Obscurcissement de la surface dû à la présence d'eau, pouvant être associé à des dépôts et/ou à des altérations biologiques.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Présence d'aquifères, pluies, inondations, interventions/travaux.	

Indicateur d'altération : Rubéfaction.	
Rougissement à la surface des matériaux qui persiste sur plusieurs millimètres. Cette pathologie est attribuée au lixiviat interne des oxydes de fer par action de l'eau.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Présence d'aquifères, pluies, inondations, incendie.	

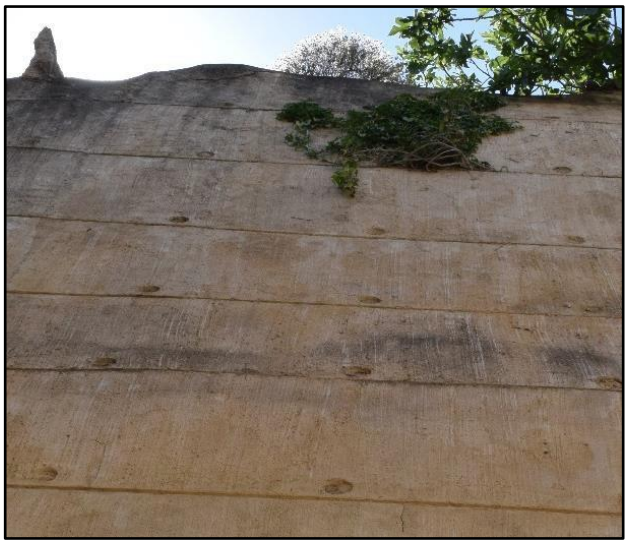
Indicateur d'altération : Zone de lavage.	
Phénomène par lequel les composants chimiques de la matière sont séparés et transportés par la circulation des eaux de pluie.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Pluie.	

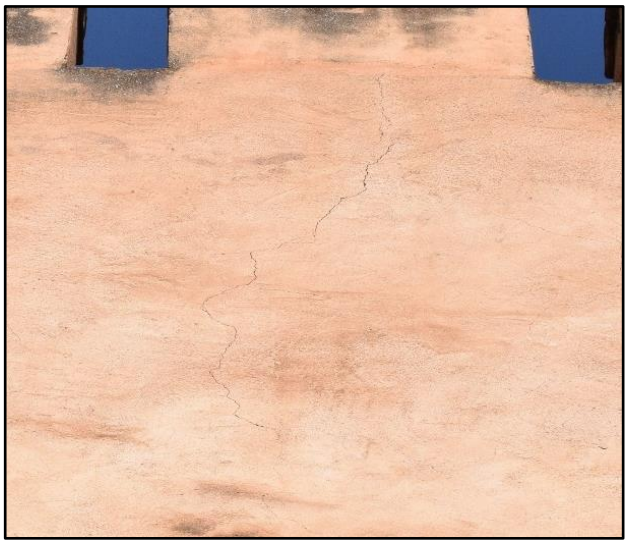
Indicateur d'altération : Efflorescences.	
Précipitation cristalline, pulvérulente, peu adhérente au support et généralement blanchâtre, composée de sels solubles.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Température, précipitations, inondations, travaux/interventions, incendies et présence d'aquifères.	

Indicateur d'altération : Concrétions.	
Accumulation cohérente et irrégulière de matériau à la surface. Il peut être fortement ou faiblement adhéré au substrat. Indicatif d'un processus de précipitation et de lixiviation ultérieure.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Températures, pluie, intervention/travaux.	

Indicateur d'altération : Dépôt superficiel.	
Accumulation de matériau exogène d'épaisseur variable.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Incendie, phénomènes polluants, accessibilité.	

Indicateur d'altération : Dépôt d'excréments.	
Dépôt d'excréments d'épaisseur, de cohésion et d'adhérence variables (généralement d'oiseaux et de chauves-souris).	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Phénomènes biologiques.	

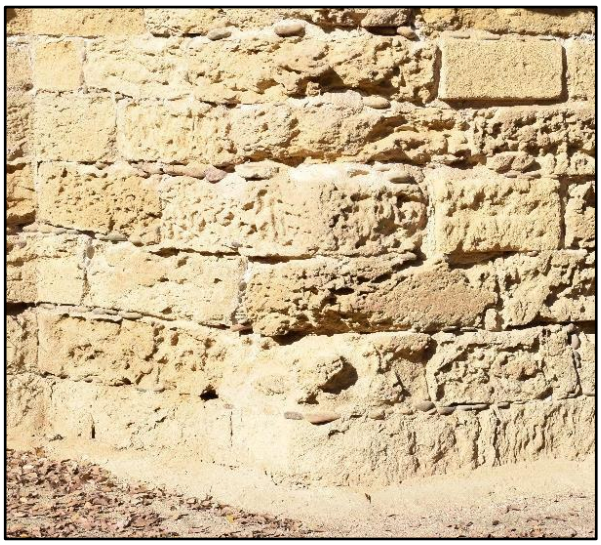
Indicateur d'altération : Déformation (bombage).	
Déformation de la forme ou du volume du matériau qui génère un gonflement. On le trouve généralement à la base en raison du déplacement de matériau du noyau du mur.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Pluie, inondations, charges.	

Indicateur d'altération : Fissuration.	
Formation de solutions de discontinuité avec déplacement léger ou nul et séparation des pièces. La taille de l'ouverture est millimétrique.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Géotechnique, présence d'aquifères, températures, séismes, inondations, interventions/travaux, charges.	

Indicateur d'altération : Fracture.	
Formation discontinuité dans le mortier avec déplacement léger ou nul et séparation des pièces. La taille de l'ouverture est minimale, quelques millimètres.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Géotechnique, présence d'aquifères, températures, séismes, inondations, interventions/travaux, charges.	

Indicateur d'altération : Fragmentation.	
Formation discontinuité avec déplacement léger et séparation des pièces.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Géotechnique, présence d'aquifères, températures, séismes, inondations, interventions/travaux, charges.	

Indicateur d'altération : Altération différentielle .	
Sous-type d'érosion qui n'avance pas de manière égale dans différentes zones selon la texture et la structure. Cela est généralement dû à la perte de ciment ou de matrice, tandis que certains composants restent en relief.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Présence d'aquifères, vent, pluies, inondations.	

Indicateur d'altération : Sablage.	
Détachement de grains individuels.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Présence d'aquifères, vent, température, pluies, interventions/travaux.	

Indicateur d'altération : Écaillage.	
Séparation physique d'une ou plusieurs couches de manière laminaire et parallèle à la surface de la paroi. L'épaisseur des couches détachées est de plusieurs millimètres.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Présence d'aquifères, températures, pluies, inondations, interventions/travaux.	

Indicateur d'altération : Déplacement.	
Séparation physique d'une ou plusieurs couches de manière laminaire et parallèle à la surface de la paroi. L'épaisseur des couches détachées est de plusieurs centimètres.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Présence d'aquifères, températures, pluies, séismes, inondations, incendie, interventions/travaux.	

Indicateur d'altération : Cavernisation/alvéolisation.	
Perte non uniforme de matériau à la surface avec formation de cavités arrondies ou d'alvéoles de forme et de taille variables.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Présence d'aquifères, vent, pluies, inondations.	

Indicateur d'altération : Ampoule.	
Élévations hémisphériques remplies d'air.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Présence d'aquifères, températures, pluies, inondations, incendie, interventions/travaux.	

Indicateur d'altération : Biocroûte.	
Film biologique composé de micro-organismes, d'algues et de lichens.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Phénomènes biologiques.	

Indicateur d'altération : Végétation.	
Croissance d'arbustes et de plantes à racines.	
Agents de dégradation à l'origine de son apparition : Phénomènes biologiques.	