

La grotte d'Isturitz : l'impact des chauves-souris

La cueva de Isturitz: el impacto de los murciélagos

The Isturitz cave: the impact of bats

Isturitzeko kobazuloa: saguzarren eragina

MOTS CLÉS : Grotte, Isturitz, chiroptères, conservation, biocorrosion.

PALABRAS CLAVE: Cueva, Isturitz, quirópteros, conservación, biocorrosión.

KEY WORDS: Cave, Isturitz, chiropterans, conservation, biocorrosion.

GAKO-HITZAK: Kobazuloa, Isturitze, saguzarrak, konserbazioa, biokorrozioa.

**Nathalie VANARA⁽¹⁾, Hubert CAMUS⁽²⁾, Manon RABANIT⁽³⁾, Jean-Yves BIGOT⁽⁴⁾, Didier CAILHOL⁽⁵⁾,
Philippe AUDRA⁽⁶⁾, Laurent BRUXELLES⁽⁷⁾ Hector CAILLAUD⁽⁸⁾ et Lionel BARRIQUAND⁽⁹⁾**

RÉSUMÉ

La colline de Gaztelu est un relief d'altitude modeste (209 m) qui barre la vallée de l'Arberoue (communes de Saint-Martin-d'Arberoue et d'Isturitz dans les Pyrénées-Atlantiques). Le porche nord de la cavité d'Isturitz s'ouvre à 149 m d'altitude. Son développement cumulé d'environ 300 m recoupe de part en part la colline. Un des premiers sites archéologiques des Pyrénées, elle est aujourd'hui connue pour ses séries aurignaciennes, ses gravures et objets fichés magdaléniens et sa zone sépulcrale néolithique. Outre les hommes, la grotte a été fréquentée par la grande (ours de cavernes) et la petite faune (chauves-souris). Les auteurs démontrent que la présence des chiroptères a été déterminante dans l'évolution tardive de la caverne ; elle a entraîné une corrosion spécifique, importante et efficace. 1/ Sa spécificité se caractérise par des formes biogéniques : coupoles et cloches associées aux coulées, lapiés de crypto-corrosion, rigole de corrosion et « tines à guano ». 2/ Son importance est attestée par l'ampleur du phénomène qui aurait affecté environ 80 % des surfaces pariétales. 3/ Son efficacité peut être observée par un retrait des parois, calcite et encaissant calcaire, d'environ 20 à 40 mm/ka. En conclusion, il est souligné que la thématique d'ouverture / fermeture des grottes reste un axe d'autant plus prometteur pour que l'on connaît désormais l'importance des modifications générées par les chauves-souris dans le cas des cavités restées ouvertes, notamment lors des épisodes interglaciaires.

RESUMEN

La colina de Gaztelu es un relieve modesto (209 m) que atraviesa el valle de Arberoue (en los municipios de Saint-Martin-d'Arberoue e Isturitz, en los Pirineos Atlánticos). El porche norte de la cueva de Isturitz se abre a 149 m de altitud. Su longitud acumulada de unos 300 m atraviesa la ladera. Fue uno de los primeros yacimientos arqueológicos de los Pirineos y hoy es conocida por sus series aurignacienses, sus grabados y objetos tallados magdalenienses y su zona de enterramientos neolíticos. Además de seres humanos, la cueva ha sido frecuentada por fauna de gran tamaño (osos de las cavernas) y de pequeño tamaño (murciélagos). Los autores demuestran que la presencia de quirópteros fue un factor determinante en la evolución tardía de la cueva, lo que dio lugar a una corrosión específica importante y eficaz. 1/ Su especificidad se caracteriza por formas biogénicas: cúpulas y campanas asociadas a flujos, lapias de criptocorrosión, cárcavas de corrosión y "piscinas de guano". 2/ Su importancia queda atestiguada por la amplitud del fenómeno, que habría afectado a cerca del 80% de las superficies parietales. 3/ Su eficacia se aprecia en la contracción de las paredes, de la calcita y del revestimiento calcáreo, de unos 20 a 40 mm/ka. En conclusión, hay que subrayar que la apertura/cierre de las cuevas sigue siendo un campo prometedor, sobre todo porque ahora conocemos la amplitud de los cambios generados por los murciélagos en las cuevas que permanecen abiertas, en particular durante los periodos interglaciares.

ABSTRACT

The hill of Gaztelu is a modestly high relief (209 m) that cuts across the Arberoue valley (communes of Saint-Martin-d'Arberoue and Isturitz in the Pyrénées-Atlantiques). The north porch of the Isturitz cavity opens at an altitude of 149 m. Its cumulative length of around 300 m cuts right across the hillside. One of the first archaeological sites in the Pyrenees, it is known today for its Aurignacian series, its Magdalenian engravings and carved objects, and its Neolithic burial zone. As well as humans, the cave has been frequented by both large (cave bears) and small fauna (bats). The authors demonstrate that the presence of chiropterans was a determining factor in the late evolution of the cave, leading to

⁽¹⁾ UMR 5608 TRACES. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 191 rue Saint Jacques, 75005 Paris, France.

⁽²⁾ Protée Expert, 1 allée Frédéric Mistral, 30250 Sommières, France.

⁽³⁾ Protée Expert, 1 allée Frédéric Mistral, 30250 Sommières, France.

⁽⁴⁾ Association française de karstologie, 21 rue des Hospices, 34090 Montpellier, France.

⁽⁵⁾ Association française de karstologie, 21 rue des Hospices, 34090 Montpellier, France.

⁽⁶⁾ Université Nice Sophia Antipolis, Polytech'Lab, parc de Sophia Antipolis, 930 route des Colles, 06410 Biot, France.

⁽⁷⁾ UMR 5608 TRACES, Maison de la recherche, 5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex 09, France.

⁽⁸⁾ IGN - Institut national de l'information géographique et forestière, 73 avenue de Paris, 91160 Saint-Mandé, France.

⁽⁹⁾ Université Savoie Mont Blanc, UMR 5204 EDYTEM, bâtiment Pôle montagne, 5 bd de la mer Caspienne, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex, France.

significant and effective specific corrosion. 1/ Its specificity is characterised by biogenic forms: domes and bells associated with flows, crypto-corrosion lapies, corrosion gullies and "guano pools". 2/ The extent of the phenomenon, which is thought to have affected around 80% of the parietal surfaces, attests to its importance. 3/ Its effectiveness can be seen in the shrinkage of the walls, calcite and limestone casing, of around 20 to 40 mm/ka. In conclusion, it should be emphasised that the opening/closing of caves remains a promising area, particularly as we now know the extent of the changes generated by bats in caves that remain open, particularly during interglacial periods.

LABURPENA

Gaztelu muinoa (209 m) Arberua harana zeharkatzen duen muino xume bat da (Arberua Donamartiri eta Isturitzeko udalerrietan, Pirinio Atlantikoetan). Isturitze kobazuloko iparraldeko ataria 149 m-ko altueran dago. Gutako baten luzera metatua errepidean zehar 300 m-koa da. Pirinioetako lehen monumentu arkeologikoetako bat da eta ezagunak dira beren aurinaldeko serieak, grabatutako eta landu madalen garaiko objektuak eta neolitoko ehorzketa eremuagatik. Gizakiez gain, haizuloa tamaina handiko (haizuloko hartza) eta tamaina txikien (saguzarrak) animalia aztarnak ditu. Egileek frogatzen dute kiropteroen presentzia kobaziloaren bilakaera berantiarrean erabakigarria dela, korrosio espezi-fiko eta eraginkorra eragiten duelako. 1/ Bereizitasun honek forma biogenikoak ditu ezaugarri: emari lotutako kopak eta zelaia, kriptokorrosio lapiazak, korrosio karkabak eta "guano-lekuak". 2/ Honen garrantzia hormen anplitudeak zehazten du, gainazal parietalen %80ak eragiten baitu. 3/ Bere eraginkortasuna hormen uzkurduraren, kaltzioaren eta kare-estalduraren arabera baloratzen da, 20 eta 40 mm/ka bitartean. Amaitzeko, kobazuloen sarrera/itxidura ikertzeko eremu itxaropentsua da, saguzarrek kobazuloetan, batez ere glaziar arteko garaietan, irauten duten aldaketen anplitudea zein den jakinda.

1. INTRODUCTION

La colline de Gaztelu est un éperon rocheux long de 500 m, large de 300 m et haut de 209 m (Fig. 1) qui appartient au croissant sédimentaire de l'Arberoue, situé au nord-est du massif de l'Ursuya dans les Pyrénées occidentales.

Ce relief comporte quatre niveaux de grottes : Aldabia (175 m) m, Isturitz (149 m), Oxcelhaya (130 m) et Erberua (100 m) ; ce dernier niveau correspondant à la percée hydrologique actuelle de la rivière Arberoue (Fig. 2).

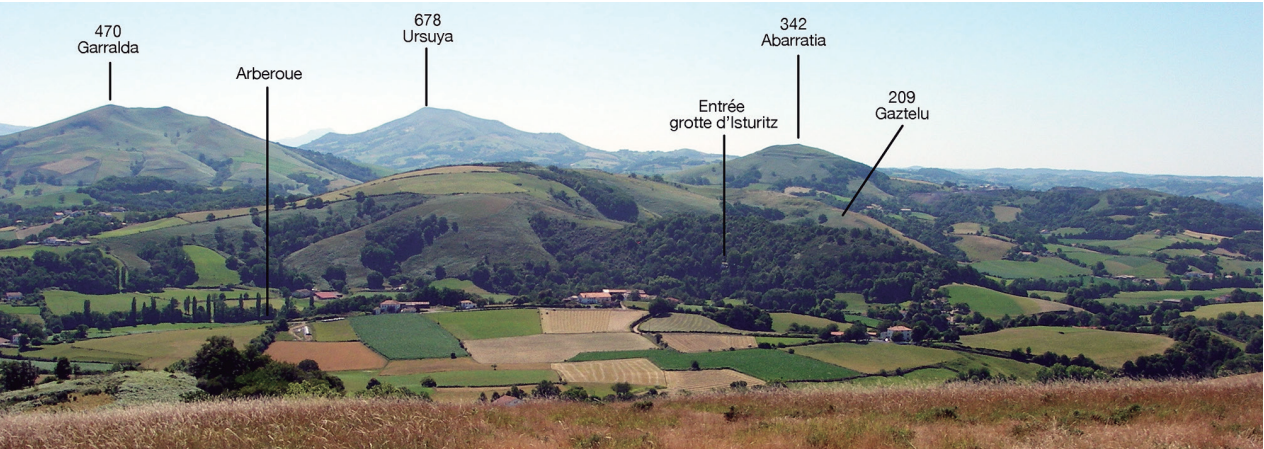


Fig. 1 : L'avancée calcaire de Gaztelu vue du sommet 318 m situé à l'est (N. Vanara, 25 juin 2011). Dans un contexte de paysage mamelonné, la structure de l'Arberoue se détache en dépit de sa faible altitude (209 m).

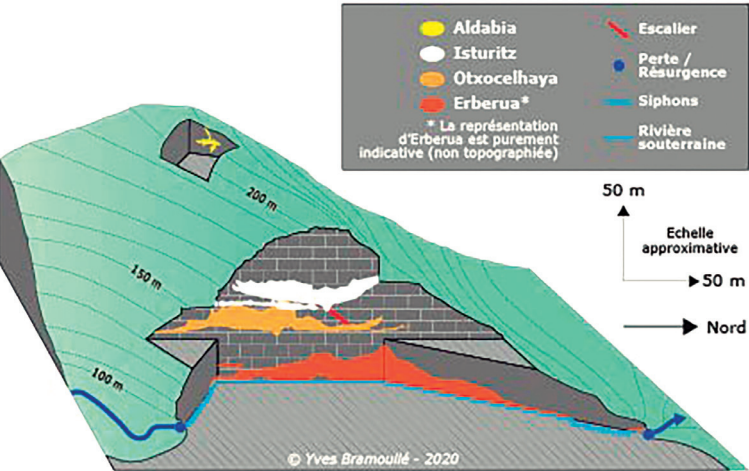


Fig. 2 : Coupe interprétative de la colline de Gaztelu avec situation des principales cavités (Y. Bramoullé, juin 2020).

Le niveau d'Isturitz présente un développement cumulé d'environ 300 m de galeries qui recoupent de part en part la colline de Gaztelu selon une orientation générale NO/SE, les entrées Nord et Sud étant distantes d'une centaine de mètres. Les voûtes sont relativement plus basses dans les galeries situées à l'est, en aval pendage (salles Saint-Martin et des Phosphates) par rapport aux galeries situées à l'ouest, en amont pendage (salles des Rhinolophes et d'Isturitz). Ces deux niveaux, décalés de quelques mètres, se raccordent par des conduits de sections réduites. Trois développements annexes viennent compléter le dispositif : la salle des Ours, le Grand et le Petit Diverticule.

Les karstologues soulignent l'influence de la corrosion biologique dans l'évolution des parois (Vanara *et al.*, 2013 ; Caillaud, 2017). La cartographie morphologique détaillée de la cavité (Rabanit & Camus, 2015) s'appuie sur la topographie précise dressée par les spéléologues (Parent *et al.*, 2013). La classification proposée permet de prendre en compte les différentes formes et formations d'origine biologique. Au terme de cet inventaire, les auteurs prouvent l'ampleur des modifications apportées aux paysages souterrains.

2. FORMES ET FORMATIONS D'ORIGINE BIOLOGIQUE

Les chauves-souris sont des hôtes emblématiques des cavernes. Leur présence en grand nombre est attestée à Isturitz : « *quatre de mes compagnons firent jouer en même temps les ressorts de leurs carabines (...), une foule innombrable de chauves-souris prit l'alarme que nos premières clameurs n'avaient pu leur donner ; elles s'enfuirent du dôme obscur et élevé où elles habitaient en société et voltigèrent en tous sens, en poussant des cris aigus* » (Duvoisin, 1858, p. 96). Les formes ont été décrites (Vanara *et al.*, 2013) puis cartographiées (Rabanit & Camus, 2015). Par comparaison avec d'autres sites (Audra *et al.*, 2018), il a été possible d'établir une typologie des formes et formations liées à la présence des chiroptères. Dans une première partie, seront analysées les formes, traces et dépôts liés aux gîtes à chauves-souris, dans une seconde partie celles initiées par leurs déjections, enfin dans une troisième partie, celles occasionnées par les phénomènes de corrosion de condensation.

2.1. Formes, traces et dépôt liés aux gîtes à chauves-souris

Les coupoles et les cloches sont omniprésentes aux plafonds et, secondairement, aux parois du réseau d'Isturitz.

2.1.1. Coupoles et cloches retouchées d'origine biologique

Les rentrants des parois et des plafonds présentent des tailles variées. Les plus volumineux sont appelés

coupoles (> 3 m) et les plus modestes, cloches (< 3 m). Les coupoles sont plus larges que hautes ; elles présentent généralement une forme allongée et, plus rarement, en forme de verre de montre. Les cloches sont plus hautes que larges ; elles présentent toujours une forme cylindrique. Deux origines ont été reconnues sachant que celles ayant une origine uniquement biologique sont les plus récentes.

- 1- Les coupoles et cloches d'origine épigène (phréatiques) sont localement préservées : dans la salle des Phosphates, les morphologies de parois présentent des indices de creusement épinoyé ascendant avec des pans inclinés, un seuil de déversement et des coupoles orientées qui se raccordent avec celles de la voûte de la salle d'Isturitz (coupoles en forme de verre de montre). Les mises en charge sont issues du niveau sous-jacent d'Oxocelhaya. Fréquemment, les cloches s'emboîtent dans les coupoles allongées comme dans les salles Saint-Martin et des Phosphates (Fig. 3). Ces formes sont d'origine phréatique ; elles ont été retouchées par la présence des chauves-souris qui les ont utilisées comme gîtes avec une différenciation selon les espèces. Les grandes coupoles (plusieurs mètres) ont favorisé l'installation de colonies (supérieur à mille individus) se rassemblant pour les mises bas et l'élevage des petits (période estivale) ; les cloches - quant à elles - semblaient plutôt recherchées par des effectifs plus restreints (inférieurs à 10) pour l'hibernation (période hivernale).
- 2- Les coupoles et cloches d'origine biologique (chauves-souris) sont omniprésentes sur les parois et les plafonds des salles des Rhinolophes et des Ours. Les formes recoupent indifféremment les brèches et les ossements qu'elles contiennent ainsi que les concrétionnements plus tardifs. On peut exclure une origine phréatique préalable. En effet, ces coupoles et cloches sont creusées dans une brèche formée par l'effondrement tardif d'une crypto-doline, cet effondrement étant postérieur au stade noyé initial et au stade épinoyé secondaire d'Isturitz.

2.1.2. Coulées et traînes biologiques

La phase biologique ultime (la plus récente) a pour marqueur des coulées brunes ou noires par écoulement gravitaire des excréta des chauves-souris. Ces coulées souillent les bordures des cloches. En contrebas, sur les parois, des traînes suivent la ligne de plus grande pente tout en tendant à s'élargir vers le bas ; elles sont, parfois, interrompues par un larnier naturel (stalactite ou pendant rocheux). L'aspect sombre correspond à la roche décapée à nu, contrastant avec les parois environnantes recouvertes de calcite ou de calcaire altéré blanchâtre, qui peuvent recouvrir partiellement les traînes lorsque les abandons sont anciens (Fig. 4). Ces traînes (roche à nu) permettent d'identifier les anciennes concentrations de chiroptères quand les coulées



Fig. 3 : Cloches emboîtées dans une coupole, grotte d'Isturitz (J.-Y. Bigot).



Fig. 4 : Coupole à cou-lées noires (excrétas des chauves-souris) et traîne (altération diffuse), grotte d'Isturitz (J.-Y. Bigot).

noires ont pu disparaître : chute par désagrégation du calcaire sous-jacent. Les déjections solides et liquides se transforment en apatite. À leur périphérie, la réaction chimique avec l'encaissant calcaire crée des croûtes ; les analyses minéralogiques révèlent qu'il s'agit systématiquement de minéraux phosphatés (notamment l'hydroxylapatite).

Ces observations démontrent que la présence des chauves-souris crée un processus efficace d'évolution des parois par altération diffuse. L'humidité résulte, au départ, de la condensation produite par cette présence massive d'animaux à sang chaud (respiration) mais aussi, possiblement et ultérieurement, par des modifications microclimatiques, à laquelle s'ajoutent les excréta qui renforcent l'agressivité des phénomènes.

2.2. Formes et dépôts liés aux déjections des chauves-souris

Une corrosion diffuse s'exerce aussi sous les accumulations de guano acide.

2.2.1. Lapiés de crypto-corrosion et rigoles de corrosion

Lorsque la roche (sol, blocs, revers de paroi, etc.) est couverte de guano, la corrosion agit de manière diffuse au contact guano / calcaire. Sur les parois, les faiblesses de la roche sont exploitées et des micro-lapiés se mettent en place. Au sol, le contact du guano corrosif attaque le substrat rocheux qui s'abaisse progressivement. Dans la salle d'Isturitz, le Grand Pilier a joué un rôle protecteur, à l'image des cheminées de fées : le substrat rocheux s'est abaissé de 1 à 2 m à sa périphérie, tandis que la roche située directement sous le pilier a été protégée. Ce dernier apparaît perché sur un piédestal, attestant de l'ampleur de la corrosion à son pourtour (Fig. 5).

Lorsque les dépôts de guano sont en hauteur sur des margelles, l'humidité engendre des écoulements le long de la paroi sous-jacente. Parfois, ce ruissellement de condensation est assez important pour générer une rigole qui recueille et canalise les eaux de condensation.



Fig. 5 : Grand Pilier, salle d'Isturitz (J.-Y. Bigot). Le substrat s'est abaissé de 1 m à son pourtour, tandis que la roche située directement sous le pilier a été protégée.

2.2.2. « Tines à guano »

À l'aplomb des zones d'accrochage des chauves-souris isolées, on trouve des creux cylindriques appelés « tines à guano ». Leur section est grossièrement circulaire, avec des parois verticales formant un cylindre se refermant en pointe d'obus arrondie. Elles se développent, aussi bien, sur l'encaissant calcaire que sur des blocs ou des concrétions présentes au sol ou en paroi à l'aplomb des stalactites où les chauves-souris s'accrochent. Si le substrat est incliné, elles peuvent être égueulées à l'aval. Elles sont souvent enduites d'une auréole de minéraux phosphatés (hydroxylapatite) issus de l'altération de la calcite par le guano. Ces « tines » sont souvent garnies d'un cône de crottes sèches, tandis que le fond est composé de guano humide décomposé noir, mélangé à une pâte blanche phosphatée issue de l'altération de la calcite. La corrosion s'effectue par crypto-corrosion au fond du culot acide de guano humide, qui progresse en

profondeur et aboutit à la forme cylindrique. La stalactite surplombant la « tine » ne permet que l'accroche d'un individu unique ; la « tine » est donc liée à l'effet d'une seule chauve-souris à la fois, ce qui atteste de la puissance de la corrosion, même s'il est probable que plusieurs générations se soient succédé. Les formes les mieux abouties se trouvent dans le réseau d'Oxocelhaya, située juste en dessous de celui d'Isturitz. À Isturitz, les « tines » (1^e couloir de jonction entre les salles St-Martin et des Rhinolophes) sont de faible profondeur car plus récentes que celles d'Oxocelhaya.

2.2.3. Concrétions en meule de foin

La morphologie initiale des stalagmites conditionne l'évolution des formes. Ainsi, une concrétion initialement massive associée à un recouvrement par un voile de guano génère une morphologie en meule de foin (salle des Phosphates, Fig. 6).



Fig. 6 : Stalagmite en meule de foin, grotte d'Isturitz (J.-Y. Bigot).

2.3. Formes liées aux phénomènes de corrosion de condensation

Les parois et plafonds plus éloignés des gîtes à chauves-souris ne sont pas soumis directement aux fluides corrosifs percolant du guano. En revanche, les convections d'air provoquent de la condensation, notamment sur les parois hautes relativement froides, qui combinée au CO² et autres substances acides émanant des chauves-souris, corrodent les parois de manière uniforme. Elles créent aussi quelques irrégularités de détail spécifiques amenées à disparaître si la présence des chiroptères perdure.

2.3.1. Les formes générales : des parois lisses et uniformes

L'aspect lisse des parois évoque faussement une corrosion de type phréatique. Cet aspect est effectivement lié à la circulation d'un fluide, mais qui est ici l'air,

animé par des convections. Sous l'effet de la condensation, la corrosion se diffuse de manière uniforme, rabotant indifféremment la paroi qui acquiert un aspect lissé. Dans la salle d'Isturitz, les coulées stalagmitiques sont ainsi rabotées. Dans les salles des Rhinolophes et des Ours, les structures hétérogènes comme les brèches sont tranchées net, y compris les éléments paléontologiques comme les ossements et même l'émail des dents (Fig. 7).

2.3.2. Les formes de détail : colonnes et piliers

Les formes effilées comme les piliers ou stalagmites qui présentent des surfaces plus verticales, évolueront en niches sous l'effet des convections d'air corrosif. À Isturitz, le Grand Pilier présente un exemple particulièrement didactique (Fig. 5). Sa silhouette caractéristique a, longtemps et faussement, été attribuée à un ré-ennoiment. Or plusieurs observations plaident pour l'hypothèse d'une corrosion biologique : l'absence



Fig. 7 : Surfaces lissées, jonction salles des Ours et des Rhinolophes, grotte d'Isturitz (J.-Y. Bigot).

de profilage, les orientations diverses et la profondeur des niches, la présence d'hydroxylapatite. Dans la salle d'Isturitz, l'évolution sous le contrôle des chauves-souris aura eu pour effet d'amincir les piliers stalagmitiques les plus massifs, de lisser les spéléothèmes de taille moyenne (absence de relief par rapport à la paroi calcaire) et de faire disparaître les concrétions de dimensions plus réduites.

3. CONCLUSION

La première partie de l'article montre l'existence de formes et des formations liées à la présence des chauves-souris dans la grotte d'Isturitz. Les marqueurs sont : 1- des coupoles et des cloches associées, pour les plus récentes d'entre elles, à des coulées et à des traînes, 2- des lapiés de crypto-corrosion, des rigoles de corrosion et des « tines à guano », 3- des parois lissées et des concrétions remodelées en niches ou en meule de foin. On estime ainsi que 80 % des surfaces auraient évoluées sous le contrôle de la corrosion biologique et qu'un retrait des parois aurait évolué à la vitesse de 20 à 40 mm/ka.

Les surfaces concernées et leur vitesse de recul rendent peu probables la conservation d'éventuelles œuvres anciennes. Seule une protection efficace (ex. recouvrement argileux) de ces dernières (Pilier Gravé) peuvent leur permettre de parvenir jusqu'à nous. Ce point explique probablement qu'à Isturitz les œuvres pariétales soient rares. L'intensité et la rapidité de la corrosion d'origine biologique doivent inciter à la prudence dans l'interprétation de la répartition des œuvres pariétales en grotte (Bruxelles *et al.*, 2018).

Les recherches récentes permettent de souligner la différence entre les grottes largement ouvertes aux hommes, mais qui se sont rapidement fermées après leur passage (Lascaux et Chauvet) et les grottes largement ouvertes et qui le sont restées jusqu'à nos jours (Isturitz ; Espalungue, Vanara, 2021) mais aussi tous les types intermédiaires (Oxocelhaya). La compréhension des périodes d'ouverture et de fermeture des cavités restent un axe de recherche d'autant plus prometteur que l'on connaît désormais l'importance des modifications générées par d'autres occupants des sites souterrains, en l'occurrence les chauves-souris. Ce constat devrait renforcer dans les années à venir les recherches conjointes des karstologues et des archéologues.

BIBLIOGRAPHIE

Audra, P., Barriquand, L., Bigot, J.Y., Cailhol, D., Caillaud, H., Vanara, N., Nobécourt, J. C., Madonia, G., Vattano, M., Renda M., 2018. L'impact méconnu des chauves-souris et du guano dans l'évolution morphologique tardive des cavernes. *Karstologia* 68, 1-20.

Bruxelles, L., Jarry, M., Bigot, J.Y., Bon, F., Dandurand, G., Pallier, C., 2018. La biocorrosion, un nouveau paramètre à prendre en compte pour interpréter la répartition des œuvres

pariétales : l'exemple de la grotte du Mas d'Azil en Ariège. *Karstologia* 68, 21-30.

Caillaud, H., 2017. Zookarstologie : les chiroptères comme facteurs géomorphologiques des paysages souterrains. Mémoire de master 2, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Duvoisin, C., 1858. *Cambo et ses alentours*. Imprimerie de Veuve Lamaignère née Tenlières. Bayonne.

Parent, G., Tixier, M., Bramoullé, Y., 2013. Topographie. In : Garate, D., (dir.), *Les grottes ornées de la colline de Gaztelu (Saint-Martin-d'Arberoue, Pyrénées-Atlantiques)*. Étude de l'art pariétal paléolithique : Isturitz, Oxocelhaya et Erberua. Phase 1 : les grottes d'Isturitz et Oxocelhaya-Haristoya. Projet programme, rapport, 121-124.

Rabanit, M., Camus, H., 2015. Atlas morphokarstique du réseau de Gaztelu. Grotte d'Isturitz. Communes de Saint-Martin-d'Arberoue et d'Isturitz. Pyrénées-Atlantiques. DRAC Aquitaine, Protée expert, rapport d'études, R2015-107, 26.

Vanara, N., Garate, D., Bigot, J.Y., Canérot, J., Lans, B., Maire, R., Magne, L., Dandurand, G., Parent, G., Lauga, M., Douat, M., Bramoullé, Y., Labarge, A., Darricau, J., Normand, C., 2013. Isturitz, Oxocelhaya and Erberua Caves (Pyrenees, France) : *Geoarchaeological Studies*. 8th International Conference on Geomorphology, Abstracts volume, Paris, August 27th-31st, 2013, Paris, AIG.

Vanara, N. (coord.), 2021. Grotte d'Espalungue : rapport de synthèse. In : Pétilion, J.M., Marquebielle, B. (coord.), *Projet collectif de recherche : Préhistoire ancienne de la vallée d'Os-sau, paléoenvironnement et sociétés de chasseurs-collecteurs dans le piémont pyrénéen*, 29-57.