



Numéro spécial

Capacité de charge du flux touristique et politique de gestion durable dans la Grotte du Bue Marino (Sardaigne centre-orientale)

Carrying capacity and policies for sustainable management of the tourism flows in the Bue Marino Cave (Sardinia Eastern center)

Graziella BENEDETTO & Donatella CARBONI

Abstract : This work was carried out along the central-eastern coast of Sardinia in a sea cave developed in the limestone cliffs of the Mesozoic, the Cave of Bue Marino (Picture 1), where the sea is rich in biodiversity and which has a large socio-economic and cultural interest. Each year, in fact, this cave is visited by approximately 60.000 tourists.

The problem of compromise between conservation and enhancement of environmental resources is a crucial issue in studies of the environmental economics and economics of tourism. Basic scientific knowledge plays a key role in the planning process of the multi-objective interventions aimed at the preservation, development and use of biodiversity.

There are many Analytical approaches and innovative business models for a sustainable tourism development : in scientific literature, a key indicator is represented by the "Tourist Load Capacity" of destinations. His assessment is a key element in planning the management of local resources for tourists and for the people.

This is an exploratory case study due to determine whether the current tourist flow should be considered optimal in relation not only to environmental but also to economic and social impact.

The Cave of Bue Marino is monitored with the installation of adequate tools for measuring temperature, humidity (relative and absolute), of pressure and CO₂. Similarly, the exact number of visitors has been raised by the placement of a "counter" at the entrance of the cave.

Data analysis allowed a first ecological and economic assessment of tourism impact on the cave system. The use of this approach may be replicated in other sites of environmental and / or natural interest. These first results can be seen as a useful reference for management and for new research perspectives policies.

Key-words: Tourism Carrying capacity (TCC), Policies for sustainable management, CO₂, Cave of Bue Marino, Sardinia.

Résumé : Ce travail a été réalisé le long de la côte centre-orientale de la Sardaigne dans une grotte marine développée dans la falaise calcaire du Mésozoïque, la Grotte du Bue Marino (Figure 1) où la mer est particulièrement riche en biodiversité et d'un grand intérêt socio-économique et culturel. En 2015, cette grotte a été visitée par environ 60.000 touristes.

Le problème du compromis entre la conservation et la mise en valeur des ressources environnementales est une question cruciale dans les études concernant l'économie de l'environnement et l'économie du tourisme. La connaissance scientifique de base joue un rôle clé dans le processus de planification des interventions multi-objectifs visant à la préservation, la mise en valeur et l'utilisation de la biodiversité.

Les approches analytiques et les modèles de gestion novateurs utilisés pour le développement du tourisme durable sont nombreux dans la littérature scientifique : un indicateur clé est constitué par la «Capacité de Charge Touristique» (CCT). Son évaluation devient un élément clé dans la planification de la gestion des ressources locales pour les touristes et pour la population.

Il s'agit ici d'une étude de cas exploratoire visant à déterminer si le flux touristique actuel doit être considéré comme optimal par rapport à l'impact environnemental, mais aussi les impacts économiques et sociaux.

La Grotte de Bue Marino a été contrôlée par l'installation d'outils adéquats pour la mesure de la température, de l'humidité (relative et absolue), de la pression atmosphérique et du CO₂. De même, le nombre exact de visiteurs a été relevé.

L'analyse des données a permis une première évaluation écologique et économique de l'impact touristique sur le système de la grotte. L'utilisation d'une telle approche peut également être reproduite dans d'autres sites d'intérêt environnemental et/ou naturel. Ces premiers résultats peuvent être considérés comme une référence utile pour les politiques de gestion et de nouvelles perspectives de recherche.

Mots-clés : Capacité de Charge Touristique (CCT), Politiques de développement durable, CO₂, Grotte du Bue Marino, Sardaigne .

INTRODUCTION

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un projet de recherche, «VALUTAZIONE E VALORIZZAZIONE DELLE GROTTA DEL BUE MARINO», financé par la Région Sardaigne (LR 7/2007). Plus précisément, ce travail concerne l'analyse des aspects économiques et environnementaux visant à une évaluation et une optimisation de la Grotte du Bue Marino. Celle-ci est localisée le long de la côte centre-orientale de la Sardaigne dans la falaise calcaire du Mésozoïque, à proximité de Cala Gonone (Commune de Dorgali). En 2015, cette grotte a été visitée par environ 60.000 touristes (Fig. 1).

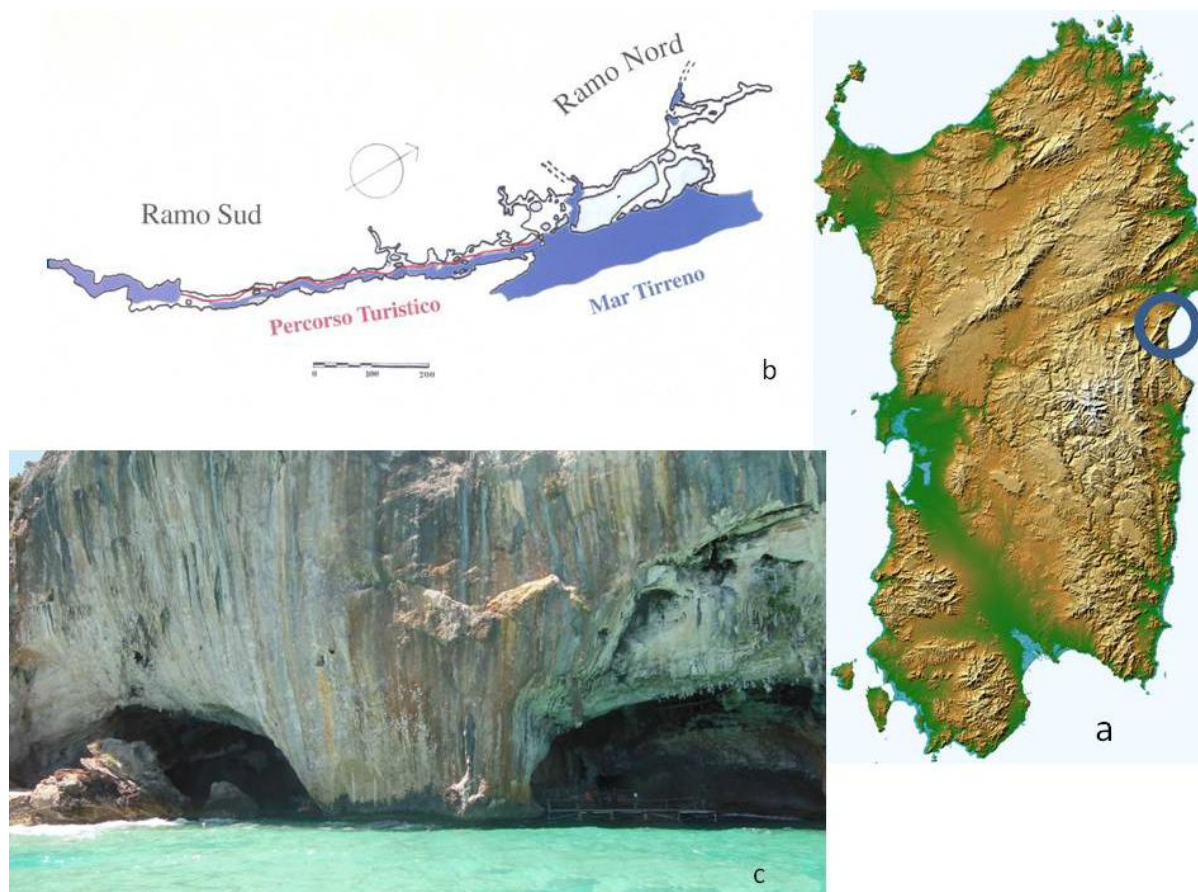


Figure 1 : Carte de situation.

En vue d'améliorer de façon durable les politiques correctes pour une gestion stratégique du bien environnemental, l'analyse de cette grotte touristique a été exigée (CARBONI & BENEDETTO, 2013, BENEDETTO *et al.*, 2014). Deux aspects de la surveillance vont être étudiés: le premier examine la surveillance de l'environnement afin d'établir l'impact des touristes sur la grotte et le second vise à surveiller la façon dont un impact sur la grotte touristique est ressenti et évaluer l'expérience de la visite effectuée (questionnaires visant à déterminer la disponibilité à payer (DAP)). La partie qui est décrite ci-dessous vise surtout le premier aspect, celui de la surveillance de l'environnement.

Cependant, peu d'études sur la gestion de l'impact des visiteurs sur le microclimat des grottes existent, et encore moins sont celles relatives à la description des processus environnementaux liés à leur gestion, malgré les dizaines de millions de personnes qui visitent chaque année dans le monde les grottes touristiques. Une bonne approche de la gestion des grottes touristiques dépend du type de grotte, surtout si la grotte ou la partie visitable engendre une faible consommation d'énergie et un environnement stable. La présence dans une grotte de quelques personnes ou l'ajout d'une entrée élargie ou d'une porte, peut changer son système d'énergie et d'humidité. Le microclimat d'une grotte est donc un élément clé de l'environnement interne de la grotte; il est important dans l'étude de la flore, de la faune et des écosystèmes en général des grottes, pour la connaissance de certains processus karstiques souterrains et des aspects hydrogéologiques. Une

compréhension des processus microclimatiques est particulièrement important dans la gestion des grottes utilisées à des fins touristiques. Il convient donc de connaître et d'évaluer les aspects thermodynamiques de l'interaction entre l'air extérieur et l'air intérieur et d'expliquer les variations saisonnières des états thermiques et l'humidité dans la grotte. La gestion durable d'une grotte est conçue pour déterminer les niveaux d'utilisation et de gestion de l'environnement avec les techniques qui sont les plus appropriées (DE FREITAS, 2010).

De nombreuses études ont été menées au niveau international visant à l'évaluation de la Capacité de Charge Touristique (CCT) comme un élément de guidage dans la gestion des sites touristiques environnementaux et culturels, des zones protégées naturelles aux villes d'art. L'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) définit la Capacité de Charge d'une station touristique comme étant «le nombre maximum de personnes qui visitent pendant la même période, un endroit particulier sans compromettre son environnement physique, économique et socio-culturel et sans réduire la satisfaction des touristes». La capacité de charge est donc une manière conceptuelle et pratique pour la planification et la gestion du tourisme, qui vise à identifier le niveau acceptable de l'intensité des changements anthropiques causés par les touristes dans un domaine particulier, même si son application indique également les conditions idéales d'usage touristique (CIFUENTES-ARIAS, 1992; STANKEY *et al.*, 1985; MEXA & COCCOSSIS, 2004; CARBONI *et al.*, 2015).

La surveillance environnementale des indicateurs climatiques internes de la grotte est au service de l'évaluation de la CCT dans la mesure où on se demande comment le "système grotte" réagit à l'impact du tourisme. En particulier, la capacité de charge, basée sur le principe de ne pas provoquer un changement irréversible de l'environnement naturel dynamique (GILLIESON, 1996; CIGNA & BURRI, 2000), a été utilisée pour déterminer la limite maximale de la visite dans un certain laps de temps à l'intérieur d'une grotte (HOYOS *et al.*, 1998; CIGNA & FORTI, 2013; BENEDETTO *et al.*, 2016; BENEDETTO *et al.*, sous presse). Par conséquent, la capacité de charge résultante (au sens strict) dépend du nombre de visiteurs et des réponses différentes (impact) sur l'environnement (FERNANDEZ-CORTES *et al.*, 2006) et des cycles saisonniers (LARIO & SOLER, 2010; ŠEBELA & TURK, 2014). L'environnement, en fait, n'a pas de réponse par défaut aux entrées des visiteurs. Les impacts peuvent varier, en tenant compte des différents niveaux d'échange de masse et d'énergie dans différents environnements de grottes accessibles (CALAFORRA *et al.*, 2003; DE FREITAS, 2010; LOBO *et al.*, 2015).

Le microclimat de la grotte est contrôlé par des facteurs externes et internes. L'altération des micro-conditions environnementales dans la grotte provoque une rupture dans l'équilibre naturel dynamique du système de la grotte. Par conséquent, afin de réduire l'impact des visiteurs, les gestionnaires des grottes touristiques ont besoin de comprendre les facteurs qui contribuent au microclimat de la grotte pour définir et maintenir une gamme adéquate de conditions environnementales pour chaque système de grottes en particulier (GILLIESON, 1996; DE FREITAS, 1998; FERNANDEZ-CORTES *et al.*, 2006a; RUSSEL & MACLEAN, 2008; LARIO & SOLER, 2010).

La Grotte du Bue Marino a été contrôlée et enregistrée pendant l'année 2015 par des mesures de la température, de l'humidité relative et absolue, du CO₂, la pression atmosphérique et de la présence de l'homme. Dans cette note, on se réfère, en particulier, à la relation entre la présence humaine des visiteurs du site et de la concentration en CO₂ résultant de la charge anthropique. Les données issues des instruments font partie d'un ensemble de processus qui permettent de cadrer le complexe karstique du Bue Marino du point de vue géologique, du développement géomorphologique, culturel et économique dans le but de définir un site géologique d'importance nationale. L'objectif de cette première phase de la recherche est de développer et d'appliquer une méthode pour déterminer les valeurs de seuil pour la capacité de charge de la Grotte du Bue Marino, selon les caractéristiques environnementales et aussi pour aider à la bonne utilisation de ce site géologique. Par conséquent, nous avons mis en évidence la relation entre le nombre de visiteurs et la capacité de réaction de l'environnement (SANTOS LOBO, 2015).

MATERIELS ET METHODES

Définir le nombre quotidien de visites est nécessaire pour les gestionnaires publics de la Grotte du Bue Marino pour optimiser le flux de touristes et, par conséquent, le milieu environnant. Beaucoup de personnes locales dépendent, en fait, économiquement du tourisme généré par la Grotte de Bue Marino qui est l'attraction principale. Par conséquent, la gestion du tourisme sur la base de facteurs de temps et de la résilience de l'environnement est l'objectif principal de cette recherche (LOBO *et al.*, 2015).

La protection et la conservation des grottes, en particulier les grottes touristiques, exige une bonne gestion basée sur la connaissance détaillée des conditions microclimatiques et de la dynamique de la grotte (FERNANDEZ-CORTES, 2004). Cette information est essentielle pour comprendre le comportement de l'environnement de la grotte, afin de déterminer et d'évaluer les influences anthropiques et de tester la période de régénération (BADINO 1995; 2002; PULIDO-BOSCH *et al.*, 1997; SONG *et al.*, 2000).

Pour calculer la capacité de charge de la Grotte du Bue Marino, il faut surveiller en permanence l'humidité relative et absolue, la température de l'air, l'interaction avec les conditions climatiques extérieures, la concentration de CO₂, le nombre de visiteurs, mais aussi le type et la durée des visites (LEAL *et al.*, 2016).

Il s'agit ici d'une étude de cas exploratoire : la Grotte du Bue Marino a été contrôlée avec un échantillon qui a été organisé en plusieurs étapes. La première phase a été lancée en avril 2015 et a pris fin en octobre 2015 et concerne l'installation d'outils adéquats pour la mesure de la température, de l'humidité (relative et absolue), de la pression atmosphérique et du CO₂ et cela dans deux stations : l'une à l'intérieur de la cavité, à 500m de l'entrée et à 2m de hauteur, et l'autre à l'extérieur qui, en plus de la mesure des paramètres pris en compte, a également mesuré la radiation solaire totale et les précipitations cumulées. De même, le nombre exact de visiteurs a été relevé par le placement d'un «compteur» à 600 m de l'entrée de la grotte (les enquêtes ont été menées par le CNR-IBIMET, Sassari). La deuxième phase est la mise en œuvre du nombre de points surveillés. Le troisième concerne la mise en œuvre des paramètres surveillés.

DISCUSSION

Pour une gestion correcte de l'impact des visiteurs sur une grotte, l'opérateur doit, en premier lieu, définir le niveau souhaité ou optimal du bien culturel, la gamme des conditions environnementales qui devraient prévaloir afin de maintenir les mêmes conditions. Pour ce faire, il faut un système de surveillance adéquat et fiable. Le but de la surveillance peut avoir deux objectifs: l'environnement de la grotte et les visiteurs.

Le but de la surveillance environnementale est de :

- a) évaluer l'impact des activités humaines dans la grotte;
- b) développer la connaissance de la ressource de la grotte par la collecte de données;
- c) identifier les saisons de l'environnement, les cycles, les changements et les tendances qui peuvent affecter la grotte ou l'écosystème de la grotte;
- d) évaluer l'impact sur la grotte des pratiques de gestion telles que le contrôle du microclimat de la grotte;
- e) évaluer l'impact de l'activité humaine à l'extérieur de la grotte, tels que les changements dans l'utilisation des terres ou pour les utilisateurs.

Le suivi des visiteurs est de:

- a) fournir une base d'informations/données pour évaluer l'impact de la population sur la grotte;
- b) identifier les modèles de promotion ;
- c) fournir des informations sur le contrôle et la planification.

Une partie essentielle pour localiser et sélectionner sont les variables à surveiller afin de comprendre les processus physiques et biologiques qui composent le système de grottes. La surveillance de l'environnement consiste à sélectionner des indicateurs clés et la définition des normes de référence; par exemple, une plage de température et d'humidité, un séchage admissible de déficit maximum ou un niveau maximal de dioxyde de carbone. En conditions particulières, les concentrations ci-dessus peuvent conduire à la corrosion et à des dommages irréversibles de la grotte. Donc, on doit se demander ce qu'il faut suivre et quel est l'impact sur le système de la grotte. La réponse à cette question fournit une compréhension clé du microclimat de la grotte (air de la grotte, air extérieur et les processus connexes). Pour surveiller le microclimat de la grotte, doivent être évalués: la température de la grotte; la température de l'air extérieur; l'humidité de la grotte (humidité spécifique); l'humidité de l'air extérieur (humidité relative et l'humidité spécifique); le débit d'air; la direction du flux d'air (vers le haut et à travers l'entrée supérieure, ou vers le bas et à travers l'entrée inférieure); la température de la roche de surface; le dioxyde de carbone; et, si nécessaire, le radon (DE FREITAS, 2010).

Le vrai problème est donc une bonne compréhension des types d'impact. Mais le but de cette étude, en particulier, est de connaître l'impact causé par les visiteurs sur le microclimat de la grotte.

Les impacts humains à prendre en considération peuvent être directs et indirects, internes et externes.

Les impacts indirects sont principalement causés par ce qu'on appelle des effets de surface causés dans les environs de la grotte par l'agriculture, la construction des aires de stationnement, des sentiers d'accès, des kiosques, toilettes, hôtels et villas, etc.

Les impacts directs qui sont particulièrement pertinents pour le microclimat de la grotte comprennent la construction de routes d'accès vers les grottes, les changements d'entrée qui modifient le flux d'air de la grotte, les températures de l'air élevées accumulées par la chaleur corporelle d'un grand nombre de visiteurs. En particulier, l'accumulation de dioxyde de carbone dans la grotte par la respiration humaine, et combinée avec l'humidité peuvent contribuer à la corrosion des concrétions et du sous-sol. Même l'accumulation de poussières dans la grotte peut être un problème. La poussière dans la grotte est composée de peluches de vêtements, de cheveux et les pélicules de peau sèche qui fournissent des sources supplémentaires de nourriture pour les bactéries et pour l'activité microbienne en général, qui produisent à leur tour du dioxyde de carbone. De même, des passerelles en bois et balustrades abandonnées fournissent des sources de nourriture pour les micro-organismes, ce qui entraîne la décomposition et l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère de la grotte (CIGNA 2005; RUSSELL & MACLEAN 2008). Même l'éclairage de la grotte peut surchauffer et sécher l'air dans l'environnement, l'inhibition de la croissance des concrétions. Le large spectre d'émission de lumière conduit généralement à la croissance de "lampenflora" (algues et mousses) sur les sédiments clastiques, concrétions et parois des cavernes. Beaucoup de ces effets sont cumulatifs et conduisent souvent à la dégradation irréversible de l'écosystème de la grotte (DE FREITAS, 2010).

Ce travail est le résultat des premières observations faites dans la Grotte du Bue Marino pendant la période Avril-Octobre 2015 pour connaître la variation des paramètres micro-environnementaux annuels dans la grotte. De cette façon, il est possible d'évaluer le schéma optimal de visites (répartition et nombre de visiteurs par jour) dans le but de minimiser les processus de perturbation et de la détérioration irréversible (LARIO *et al.*, 2005).

Aussi, cette étude vise à déterminer si le flux touristique actuel doit être considéré comme optimal par rapport à l'impact environnemental, mais aussi économique et social. Les résultats peuvent être utiles aux décideurs locaux dans le but d'une gestion du territoire.

PREMIERS RÉSULTATS

L'analyse des données a permis une première évaluation économique et écologique de l'impact touristique sur le système de la grotte.

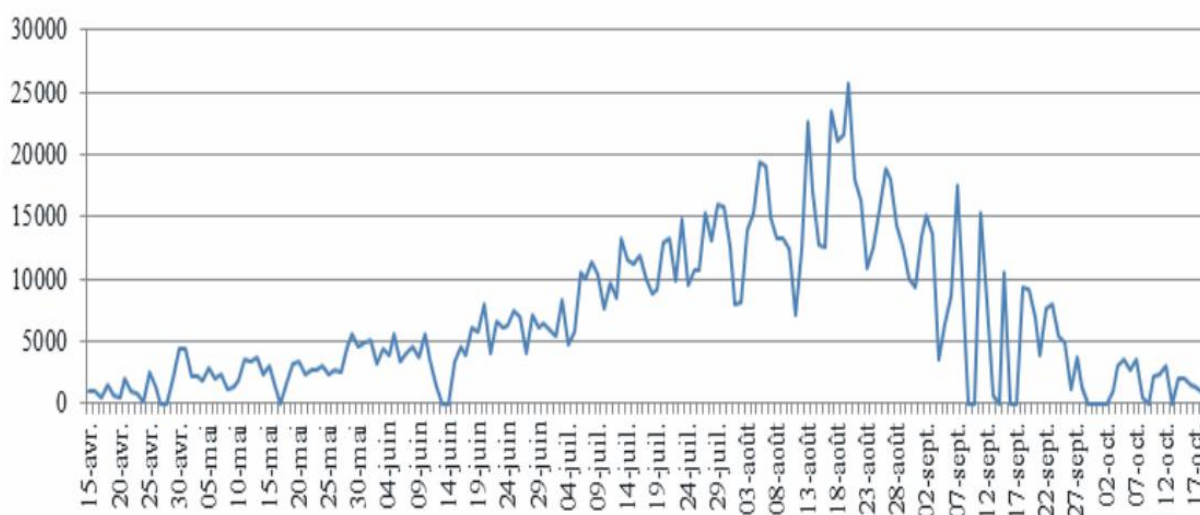


Figure 2 : Chiffre d'affaires au prix maximum.

Les données traitées sont relatives à l'année 2015. Les prix de l'excursion (bateau et visite de la grotte) étaient de 19-20 € en basse saison (tarif réduit à 10 €), et passaient à 22 € et 11 € en haute saison. Le chiffre d'affaires total estimé pour le prix plein est de 1.259.626 € et pour le tarif réduit de 637.081 € compte-tenu du nombre total de 60.094 touristes enregistrés en 2015 (Fig. 2 et Fig. 3). A noter que, parfois, les conditions

météo-marines ne permettent pas aux bateaux de sortir du port de Cala Gonone, ce qui empêche les touristes d'accéder à la grotte, d'où un manque à gagner.

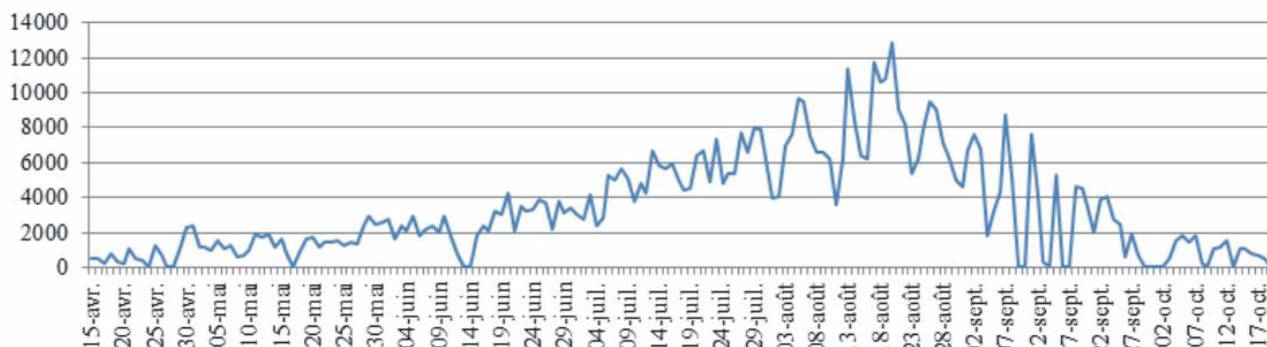


Figure 3 : Chiffre d'affaires au prix minimum.

Cette première analyse du volume d'affaires sera liée à la valeur estimée de la grotte qui est actuellement en cours de traitement. L'idée est aussi de mesurer la satisfaction sociale et économique de la population locale à l'égard de l'activité touristique de la Grotte du Bue Marino.

Une toute première analyse des données sous l'angle environnemental met en évidence la grande utilité de ce travail.

La relation entre la concentration touristique et le taux de CO₂ dans les grottes est étudié à partir de deux échantillons prélevés dans le mois d'avril (Fig. 4a), qui est aussi le mois le plus pluvieux de l'année et le mois d'août (Fig. 5a) où les précipitations sont presque absentes. Le traitement des données montre que, en avril, la concentration moyenne de CO₂ suit une tendance inverse à celle de la présence des touristes, ce qui est bien expliqué par la tendance des précipitations qui sont précisément en corrélation avec une augmentation des concentrations de CO₂ durant les trois jours de pluie (26-28 avril) (Fig. 4b).

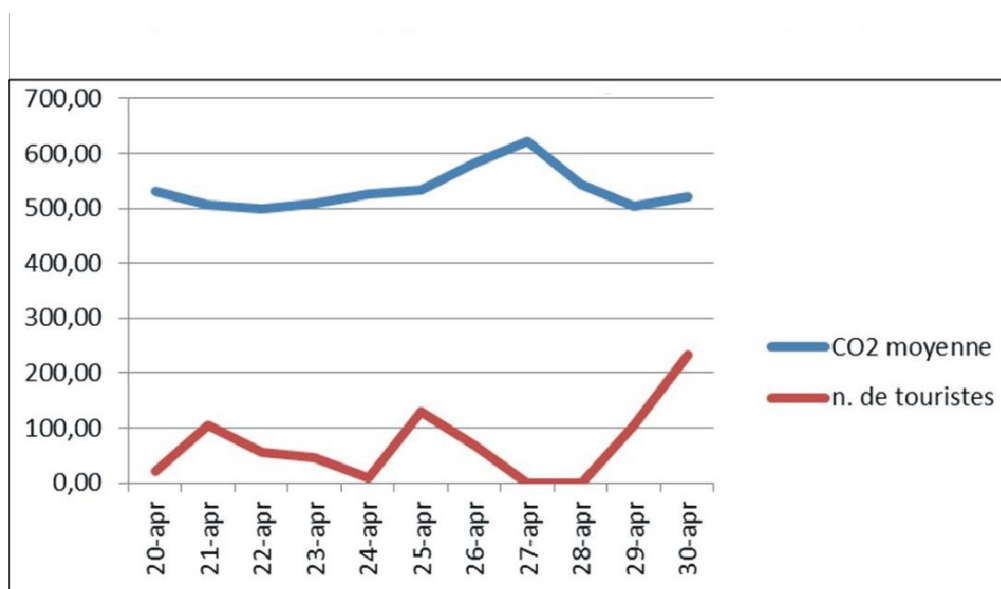


Figure 4a : Comparaison de la concentration de CO₂ (ppm) et le nombre de touristes à l'intérieur de la grotte entre le 20 et le 30 avril 2015.

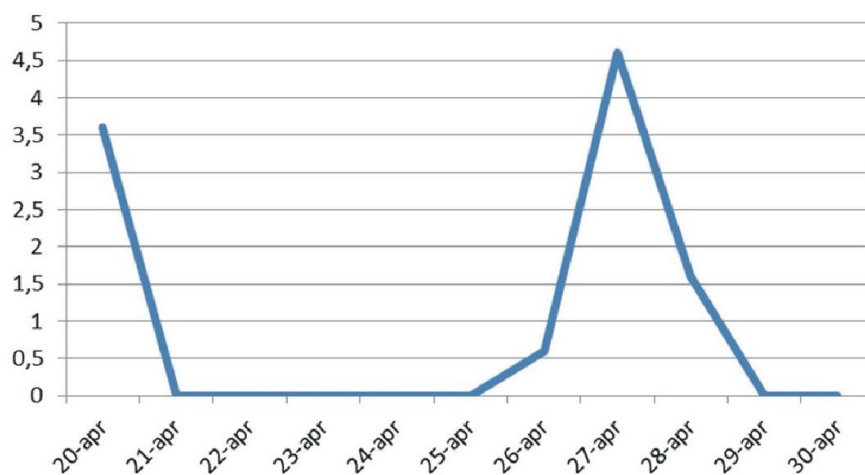


Figure 4b : Précipitations cumulées du 20 au 30 avril 2015.

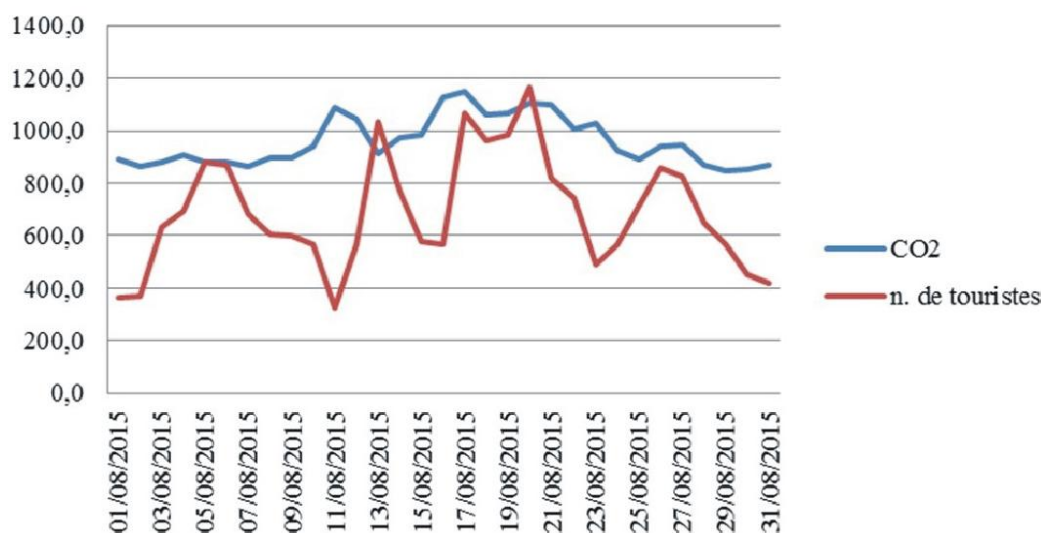


Figure 5a : Comparaison de la concentration de CO₂ (ppm) et le nombre de touristes à l'intérieur de la grotte en août 2015.

Au mois d'août, pendant lequel la concentration des touristes augmente alors que l'environnement extérieur des grottes peut être qualifié de 'neutre' vu l'absence de pluie, on observe que (Fig. 5b) du 1 au 5 août, le nombre de touristes augmente et la concentration de CO₂ augmente légèrement. Ensuite, du 5 au 11 août, le nombre de touristes diminue alors que le CO₂ augmente. Dans ce cas également, cela s'explique par les fortes précipitations du 11 août.

Du 16 au 22 août, tant le nombre de touristes que la concentration en CO₂ augmentent. Par après, et jusqu'au 31 août (fin des mesures), il semble y avoir un lien clair entre la concentration de CO₂ et le nombre de touristes présents.

Pour mieux comprendre et corroborer ces résultats, une analyse a été réalisée au pas de temps horaire. Par exemple, le 19 août de 14h00 à 15h00, on observe une augmentation significative de touristes et de concentration en CO₂. Par contre, jusque 17h00, la concentration en CO₂ diminue lentement dans la grotte, en parallèle avec la diminution de fréquentation, pour augmenter de nouveau, jusqu'à revenir et dépasser les valeurs enregistrées à 8h00 le même jour alors qu'il n'y a plus de présence humaine (Fig. 6a). Cette dernière évolution pose problème. Afin de comprendre l'influence du flux touristique sur le taux de CO₂, il importe de poursuivre les mesures et les analyses afin de mieux cerner les paramètres environnementaux qui influencent l'équilibre de la grotte.

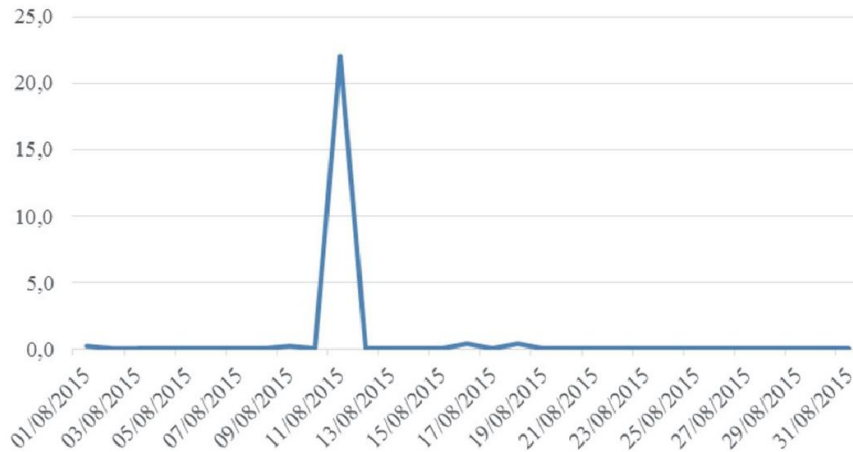


Figure 5b : Précipitations cumulées en août 2015.

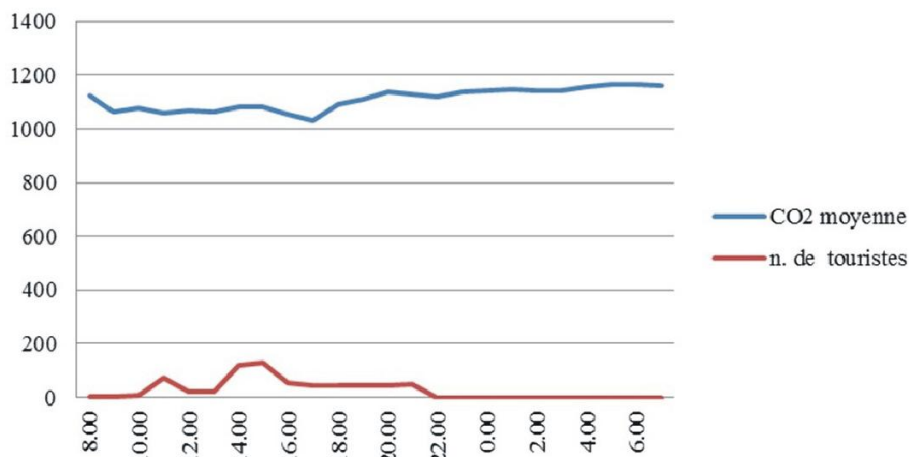


Figure 6a : Comparaison entre les touristes et la concentration en CO₂ (ppm) dans la journée du 19 août 2015, par intervalles de temps.

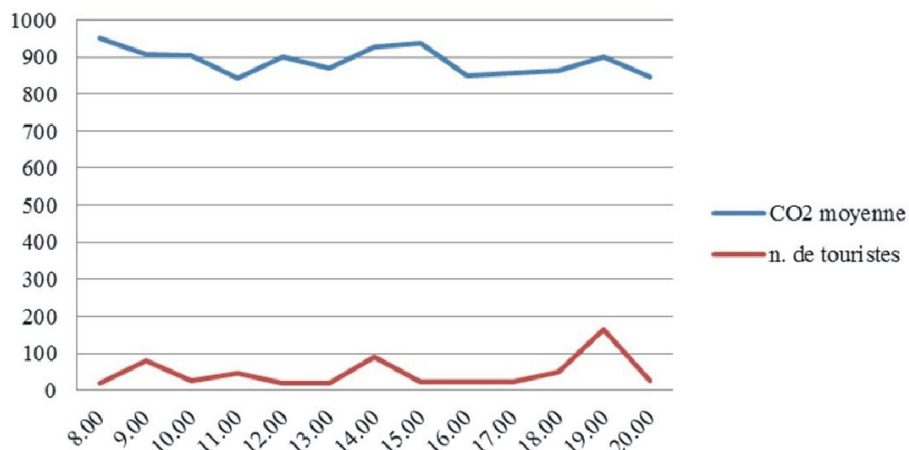


Figure 6b : Comparaison entre les touristes et la concentration en CO₂ (ppm) dans la journée du 5 août 2015, par intervalles de temps.

Autre exemple, alors que le 5 août à 14h00, on note une augmentation de touristes et de CO₂ ; à partir de 15h00, le nombre de visiteurs reste constant, ainsi que la concentration en CO₂. A 19h00, la présence d'un pic de CO₂ est expliquée par un concert qui se déroule dans la grotte. Après le concert, à 20h00, à la fermeture de la grotte, la concentration de CO₂ diminue rapidement (Fig. 6b). Ici, le parallélisme entre la fréquentation et le taux de CO₂ est évident.

CONCLUSIONS

Ces premières observations nous amènent à conclure que:

- les précipitations sont un facteur naturel qui influence le plus le microclimat à l'intérieur de la grotte par rapport à l'évolution du niveau de concentration en CO₂;
- il existe une relation entre les flux touristiques et la concentration en CO₂ mais le système karstique dans son ensemble est capable de restaurer les conditions initiales de concentration en CO₂ dans le court terme.
- les perspectives de cette recherche devraient nous permettre d'approfondir ces relations pour arriver à déterminer la capacité de charge touristique optimale de la grotte sur les plans économique, environnemental et social.
- l'utilisation d'une telle approche peut également être reproduite dans d'autres sites d'intérêt environnemental et/ou naturel.
- ces premiers résultats peuvent être considérés comme une référence utile pour les politiques de gestion et de nouvelles perspectives de recherche.

BIBLIOGRAPHIE

- BADINO, G., 1995. Fisica del clima sotterraneo. *Mem.dell'Istituto Italiano di Speleologia*, 7, série II, Bologna, 137 p.
- BADINO, G., 2002. La misurazione dell'impatto umano sul clima delle grotte: problemi aperti. Atti del III Convegno di Speleologia Pugliese, Castellana-Grotte, 6-8 dicembre 2002, Grotte e dintorni, 4, 1-8.
- BENEDETTO, G., CARBONI, D. & CORINTO, G. L., 2014. Socio-economic analysis and stakeholders involvement: the case of the "Bue Marino Caves" tourist valorization. In F., Benincasa (Eds), *Fifth International Symposium Monitoring of Mediterranean Coastal Areas. Problems and measurements techniques*. June 18-18-19 2014 (pp. 139-150). Livorno: National Research Council of Italy, Institute of Biometeorology (CNR – IBIMET); Accademia dei Georgofili, Centre for the Application of Computer Science in Agriculture (Ce.S.I.A.); Livorno Euro Mediterranean (L.E.M.) Foundation; Comune di Livorno.
- BENEDETTO, G., CARBONI, D. & CORINTO G. L., 2016. Governance of Sustainable Tourism in a Vast Area Surrounding a National Park. International Conference – Environment at a Crossroads: SMART approaches for a sustainable Future. *Procedia Environmental Sciences*, 32 : 38-48.
- BENEDETTO, G., CARBONI, D. & CORINTO G.L., (sous presse). A literature review on the valuation models of tourist carrying capacity, for the management of the Asinara National Park in Sardinia (Italy). The 7th International Symposium on Geography "Landscapes: Perception, Knowledge, Awareness and Action" 29-31 May 2015 Bucharest and Constanta, Romania.
- CALAFORRA, J.M., FERNÁNDEZ-CORTÉS, A., SÁNCHEZ-MARTOS, F., GISBERT, J. & PULIDO-BOSCH, A., 2003. Environmental control for determining human impact and permanent visitor capacity in a potential show cave before tourist use. *Environmental Conservation*, 30 : 160–167.
- CARBONI, D. & BENEDETTO, G. 2013., The coastal karst landscape of Sardinia: knowledge, perception, promotion and fruition. *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana*, 28 : 32-35.
- CARBONI, D., CONGIATU, P. & DE VINCENZI, M., 2015. Asinara National Park. An Example of Growth and Sustainability. *Tourism. Journal of Environmental and Tourism Analyses*, 3.1 : 44-60.
- CIFUENTES-ARIAS, M., 1992. Determinación de Capacidad de Carga Turística en Áreas Protegidas. Turrialba: CATIE.
- CIGNA, A.A. 2005., Show caves. In D.C., Culver & W. B., White (Eds.), *Encyclopedia of Caves* (pp. 495-500). London: Elsevier Academic Press.
- CIGNA, A.A. & BURRI, E., 2000. Development, management and economy of show caves. *International Journal of Speleology*, 29 : 1–27.
- CIGNA, A.A. & FORTI, P., 2013. Caves: The most important geotouristic feature in the world. *Turismo e Paisagens Cársticas*, 6 : 9–26.
- DE FREITAS, C.R. 1998, Cave monitoring and management: The Glowworm Cave, New Zealand. In *Cave and Karst Management in Australasia XII*. Proceedings of the Twelfth Australasian Conference on Cave and Karst Management (pp. 55–66). Waitomo, Carlton South, Victoria: Australasian Cave and Karst Management Association.
- DE FREITAS, C.R., 2010. The role and the importance of cave microclimate in the sustainable use and management of show caves. *Acta Carsologica*, 39 : 477–489.
- FERNANDEZ-CORTÉS, A., 2004. *Caracterización microclimática de cavidades y análisis de la influencia antrópica de uso turístico*. PhD Thesis, Almería, 423 p.
- FERNÁNDEZ-CORTÉS, A., CALAFORRA, J.M. & SÁNCHEZ-MARTOS, F., 2006. Spatiotemporal analysis of air condition as a tool for the environmental management of a show cave (Cueva del Agua, Spain). *Atmospheric Environment*, 40 : 7378–7394.

- FERNANDEZ-CORTES, A., CALAFORRA, J.M., SANCHEZ-MARTOS, F. & GISBERT, J., 2006a. Microclimate processes characterization of the giant geode of Pulpí (Almería, Spain): Technical criteria for conservation. *International Journal of Climatology*, 26 : 691–706.
- GILLIESON, D., 1996. *Caves: Processes, development and management*. London: Blackwell.
- HOYOS, M., SOLER, V., CAÑAVERA, J.C., SANCHEZ-MORAL, S. & SANZ-RUBIO, E., 1998. Microclimatic characterization of a karstic cave: human impact on microenvironmental parameters of a prehistoric rock art cave (Candamo cave, Northern Spain). *Environmental Geology*, 33 : 231–242.
- LARIO, J. & SOLER, V., 2010. Microclimate monitoring of Pozalagua cave (Vizcaya, Spain): Application to management and protection of show caves. *Journal of Cave and Karst Studies*, 72 (3): 169–180.
- LARIO, J., SANCHEZ-MORAL, S., SOLER, V., CAÑAVERAS, J. C. & CUEZVA, S., 2005. Caracterización microambiental de la Cueva de Pozalagua (Vizcaya): aplicación a la gestión y protección de cavidades turísticas. *Estudios Geol.*, 61 : 41-59.
- LEAL, C., CUNHA, L., DIMUCCIO, L. A. & MARTINS, O., 2016. Dynamic in two caves of central Portugal in order to late its visitor carrying capacity - preliminary data. Poster. 3^o Colloque de l'AFGP, Castelsardo Sardaigne, 19- 21 mai 2016.
- LOBO, H.A.S., PERINOTTO, J.A.J. & BOGGIANI, P.C., 2015. Speleoclimate dynamics in Santana Cave (PETAR, São Paulo State, Brazil): general characterization and implications for tourist management. *International Journal of Speleology*, 44 : 61–73.
- MEXA, A. & COCCOSSIS, H., 2004. Tourism carrying capacity: A theoretical overview. In H. Coccossis & A. Mexa (Eds.). *The challenge of tourist carrying capacity assessment* (pp. 37–53). Hants: Ashgate Publishing.
- PULIDO-BOSCH, A., MARTÍN-ROSALES, W., LÓPEZ-CHICANO, M., RODRÍGUEZ-NAVARRO, C.M. & VALLEJOS, A., 1997. Human impact in a tourist karstic cave (Aracena, Spain). *Environmental Geology*, 31 (3-4) : 142-149.
- RUSSEL, M.J. & MACLEAN, V.L., 2008. Management issues in a Tasmanian tourist cave: Potential microclimatic impacts of cave modifications. *Journal of Environmental Management*, 87: 474–483.
- SANTOS LOBO, H. A., 2015. Tourist carrying capacity of Santana cave (PETAR-SP, Brazil): A new method based on a critical atmospheric parameter, *Tourism Management Perspectives*, 16 : 67–75.
- ŠEBELA, S. & TURK, J., 2014. Sustainable use of the Predjama Cave (Slovenia) and possible scenarios related to anticipated major increase in tourist numbers. *Tourism Management Perspectives*, 10 : 37–45.
- SONG, L., WEI, X. & LIANG, F., 2000. The influences of cave tourism on CO₂ and temperature in Baiyun cave, Hebei, China. *International Journal of Speleology*, 29: 77-87.
- STANKEY, G.H., COLE, D.N., LUCAS, R.C., PETERSEN, M.E. & FRISSELL, S.S., 1985. *The Limits of Acceptable Change (LAC) system for wilderness planning*. Ogden: USDA Forest Service/Intermountain Forest and Range Experiment Station.