

## Etude des lichens du site de Chellah, monument historique de Rabat, dont *Placidium squamulosum* (Ach.) Breuss, nouvelle espèce pour la flore lichénique du Maroc

*Ilham Nattah, Amina Ouazzani Touhami, Rachid Benkirane, and Allal Douira*

Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, UFR de Mycologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences, BP. 133, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Study of lichen those develop on the construction rocks of Chellah site, historical monument of Rabat (Morocco), we had the opportunity to encounter two types of lichens. Surface lichens, altering slightly the material are represented by *Collema crispum*, *Roccella phycopsis*, *Xanthoria calcicola* and *Xanthoria ectaneoides*. Encrusting lichen, known as major agents of bio deterioration of building materials, are also represented by six species: *Aspicilia calcarea*, *Verrucaria nigrescens*, *Toninia aromatica*, *Verrucaria calciseda* (*Bagliettoa calciseda*) and *Placidium squamulosum*, *Lecania spadicea*. The importance of lichens, among other agents, in the deterioration of building stone monuments was discussed in this study.

**KEYWORDS:** Morocco, Chellah, lichens, monument, alteration.

**RESUME:** L'étude des lichens qui se développent sur les pierres de construction du site de Chellah, monument historique de Rabat (Maroc), nous a permis de rencontrer deux types de lichens. Les lichens de surface, qui altèrent peu le matériau, sont représentés par *Collema crispum*, *Roccella phycopsis*, *Xanthoria calcicola* et *Xanthoria ectaneoides*. Les lichens encroûtants, connus comme agents important de bio détérioration des matériaux de construction, sont représentés également par six espèces : *Aspicilia calcarea*, *Verrucaria nigrescens*, *Toninia aromatica*, *Verrucaria calciseda* (*Bagliettoa calciseda*) et *Placidium squamulosum*, *Lecania spadicea*. L'importance des lichens, parmi d'autres agents, dans la détérioration de la pierre de construction des monuments a été discutée dans cette étude.

**MOTS-CLEFS:** Maroc, Chellah, lichens, monument, altération.

### 1 INTRODUCTION

La ville de Rabat, capitale administrative du Maroc, est située sur le littoral atlantique, en bordure de l'embouchure de l'Oued Bouregreg. Elle abrite de très importants monuments historiques d'une grande valeur esthétique et architecturale, comme la Kasbah des Oudayas, Tour Hassan et la Kasbah de Chellah qui retracent son histoire et mémorisent la succession des civilisations anciennes, notamment romaine et islamique qui ont marqué l'histoire de l'Afrique du Nord et d'une grande partie du pourtour méditerranéen (Asebriy *et al.*, 2009 [19]).

Le site mythique de la Kasbah de Chellah, à 2 km du centre ville de Rabat, représente le vestige le plus caractéristique de l'empire Romain sur la côte de l'Atlantique après la ville de Larache (Figure 1). Il a été utilisé comme forteresse par les Almohades puis comme nécropole par les Mérinides (El Azhari *et al.*, 2009 [61]).

La ville de Chellah présente deux parties bien différenciées: l'une Romaine et l'autre caractérisée par les ruines de la madrasa et la mosquée de la période mérinide (Figure 2). La ville Romaine se trouve dans la partie nord de la Kasbah entourée par les murs de la ville Mérinide. La nécropole est protégée par un imposant mur en pisé, qui rappelle Almohades et qui a une porte majestueuse construite avec les pierres de taille (Asebriy *et al.*, 2007 [18]). Au cours de la période

Méridine, la calcarénite était le matériau le plus utilisé pour construire les bâtiments de Chellah (à la fois romaine et parties islamiques) (Bellitir, 1998 [27]; Bellitir *et al.*, 1998 [28]).

Les facteurs de dégradation des matériaux de construction des monuments de la ville de Rabat sont essentiellement climatique et anthropique (Bellitir, 1987 [26], Alaoui *et al.*, 2006 [2], Zaouia 2007[154], Asebriy *et al.*, 2007 [18], 2009 [19]). Selon Zaouia *et al.* (2006) [154], les principales formes d'altérations destructives rencontrées au niveau des monuments de Rabat peuvent être classées en sept types: les dissolutions, les désagréments sableux, l'alvéolisation, l'érosion, les encroûtements noirs, la fissuration et la bio détérioration. Parmi les agents de bio détérioration des pierre et des matériaux de construction, on trouve les lichens, association entre algues et champignons, qui jouent un rôle important en raison de leur capacité à croître sur une variété de substrats sous un large éventail de conditions environnementales (Nimis *et al.*, 1987[88], 1992 [87]; Nimis, 1988 [89]; Seaward *et al.*, 1989 [95]). Ainsi, les lichens ont été observés en abondances dans les façades humides de la Tour Hassan (Nattah *et al.*, 2012b [85]). De nombreux facteurs écologiques (eau, lumière, température) mais aussi le support (pierre calcaire ou siliceuse) influent sur leur type et leur répartition. Les recouvrements lichéniques peuvent intervenir dans le processus d'altération de la pierre tant par leur mode d'accrochage et leur métabolisme que par la microflore spécifique (ou non) qu'ils abritent.

Le présent travail a pour objectif d'inventorier et d'étudier les lichens peuplant les matériaux de construction des monuments historiques de Chellah et de discuter leur importance, parmi d'autres microorganismes, dans la détérioration de la pierre de construction des monuments.

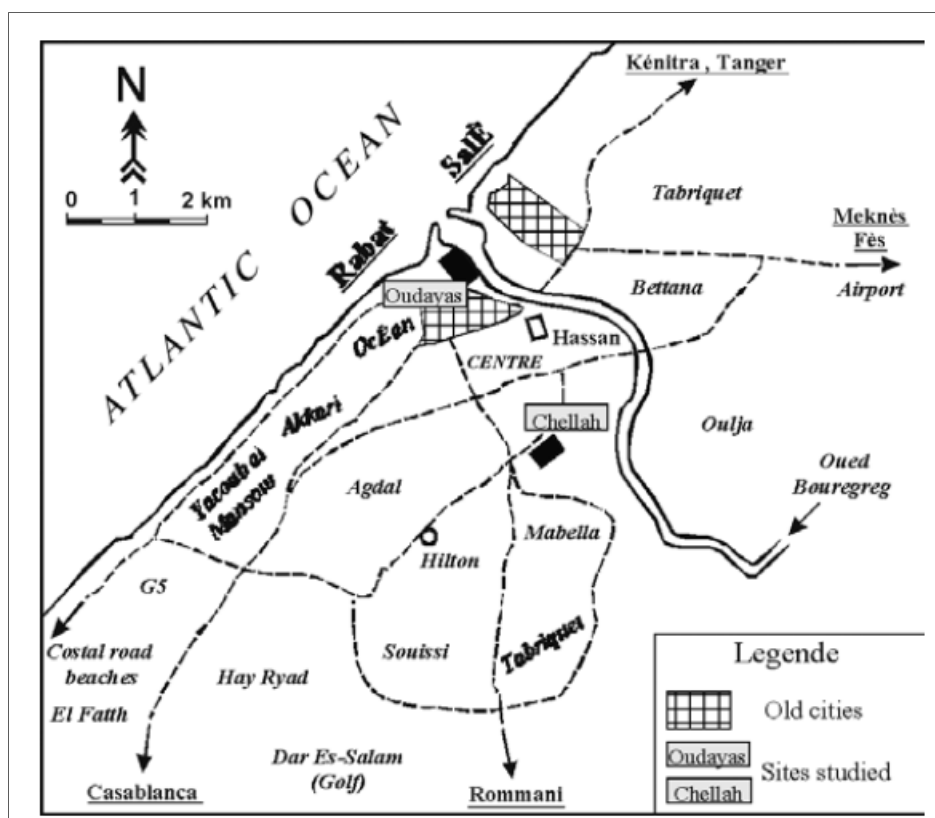


Figure 1 : Localisation de Chellah dans la ville de Rabat (Maroc)

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des prospections, réalisées régulièrement durant l'année 2012 dans le site de Chellah, ont permis de recenser un certain nombre d'espèces lichéniques. Les échantillons, récoltés en zones de toutes les expositions, ont été enregistrés dans l'herbier de notre laboratoire.

Les espèces récoltées sont ramenées au laboratoire en vue de leur étude et analyse. L'étude macroscopique, observation des récoltes avec la loupe de terrain et avec la loupe binoculaire, a concerné des principales structures thallines, type, couleur, forme et dimension du thalle et des apothécies, et celles impliquées dans la dispersion du complexe lichénique

(isidie et soralies). Des réactifs chimiques usuels ont été utilisés sur le terrain et au laboratoire: K (solution aqueuse d'hydroxyde de potassium à 20 %), C (solution aqueuse d'hypochlorite de sodium : solution concentrée du commerce diluée 2 fois), N (solution aqueuse d'acide nitrique à 50 %), I (solution iodo-iodurée : lugol double), P (paraphénylène diamine : solution alcoolique fraîchement préparée ou solution stabilisée). Les réactions thallines vis-à-vis de ces réactifs apportent des informations indispensables pour progresser dans les clés de détermination des espèces utilisées (Gueidan, 2007 [67]; Nash *et al.*, 2001 [83]; Carballal, 2013 [46]).

L'étude microscopique a concerné la présence du thalle, d'apothécies ou d'autres ascocapes, leur aspect et leurs dimensions, la forme de l'asque ainsi que l'aspect, la couleur, et les dimensions des spores.

Compte tenu de la complexité de la systématique de certaines espèces, les études d'identification menées au laboratoire ont été confrontées aux travaux de différents auteurs dans les ouvrages de lichénologie.

### 3 RÉSULTATS

Dix espèces de lichens ont été décrites dans cette étude: *Aspicilia calcarea*, *Collema crispum*, *Lecania spadicea*, *Placidium squamulosum*, *Roccella phycopsis*, *Toninia aromatica*, *Verrucaria calciseda*, *Verrucaria nigrescens*, *Xanthoria calcicola*, *Xanthoria ectaneoides*.

- ***Aspicilia calcarea*** (L.) Körb, abonde sur les roches de la partie Romaine.

Cette espèce a été signalée au Maroc sur différents substrats, silice, calcaire, schistes gréseux, quartzites altérés (Ajaj *et al.*, 2007 [3] et 2013 [6]) : Rif ( Bouly de Lesdain, 1924 [35]; Werner, 1937a [123], 1966 [138], 1979 [151]; Alonso, 1993[7] ; Alonso & Egea, 1994a[8]), Nord ouest du Maroc central (Bouly de Lesdain & Pitard, 1913[33] ; Bouly de Lesdain, 1924 [35]; Szatala, 1931[96] ; Gattefosè & Werner, 1931[64] ; Maheu & Werner, 1933 [80]; Werner (1955 [132], 1966 [138], 1968 [140], 1970a [142], 1972 [145]) ; Moyen Atlas (Szatala, 1931 [96]; Werner, 1930 [104], 1931a [105],c [107], 1937a [123], 1955 [132], 1974b [147]), Hautes plaines: (Szatala, 1931[96]), le sud ouest du Maroc central (Werner, 1967 [139]), Haut Atlas (Bouly de Lesdain, 1905 [32]; Werner, 1937a [123], 1963 [137], 1971 [144]), Anti Atlas (Maheu & Werner, 1933 [80]; Werner, 1938 [125], 1959 [135], 1963[137] ; Alonso & Egea, 1994a [8]) et dans le Sud ouest (Werner, 1954 [132], 1967[139] ; Egea, 1996 [56]).

Thalle crustacé, 3,5 cm en diamètre, de couleur beige grisâtre, craquelé et divisé en aréoles (Figure 3 A, B), blanc-grisâtre, blanc sale, ochracé. Chaque aréole mesure 1 mm. C-, K-, P-. Les apothécies (1 à 4 par aréole), irrégulières, plus ou moins enfouies dans le thalle et mesurent 0,5 à 0,8 mm, avec un bord clair et un disque gris bleuâtre. L'asque contient 8 ascospores, 16,65 à 23,31 µm de longueur et 18,31 à 23,31 µm de largeur, hyalines, simples, placées en un seul rang (Figure 3 C). L'épithécium est beige sale, l'hyménium est hyalin et devient bleu sous l'effet de l'iode, l'hypothécium est beige avec des structures jaunes. Les paraphyses sont septés.

- ***Collema crispum*** (Huds.) Weder ex F.H. Wigg, au niveau des trous des roches de la partie Romaine.

Elle a été citée dans différentes régions du Maroc (Egea, 1996[56] ; Ajaj *et al.*, 2013 [6]), dans le Rif (Bouly de Lesdain & Pitard, 1913 [33]; Werner, 1937b [124], 1948 [129], 1979 [151]), le NW du Maroc central (Bouly de Lesdain, 1924 [35] ; Gattefosè & Werner, 1931 [64]), le Moyen Atlas (Werner, 1974b [147]), le Haut Atlas (Werner, 1971 [144]), l'Anti Atlas (Werner, 1957 [134]), et dans le Sud Ouest (Degalius, 1954 [52]).

Thalle membraneux, gélatineux, luisant, de couleur brun verdâtre à noir, formé de nombreux lobes, plus ou moins en rosette, marge flexueuse (Figure 4 A). Les lobes, 1mm de diamètre, arrondis aux extrémités, plats ou concaves et parfois ont la forme d'oreille, face supérieure avec quelques isidies subglobuleuses à un peu squamuleuses, surtout au centre des lobes. La face inférieure montre des rhizines blanchâtres. Les apothécies, peu fréquentes, de couleur rouge brunes à marron, à disque plan ou un peu concave, à bord épais, paraissant souvent granulé ou lobulé, concolore au thalle (Figure 4 B). L'asque contient 8 ascospores pluricellulaires hyalines (16-23.31 x 6.66-10 µm), avec 3 cloisons (Figure 4 C). Les paraphyses sont septés, articulés et portent 2 articles au sommet. L'hyménium devient bleu sous l'effet de l'iode.

- ***Lecania spadicea*** (Flot.) Zahlbr, sur les roches du site Romain

Cette espèce a été signalée dans différentes régions du Maroc (Egea, 1996 [56]; Ajaj *et al.*, 2013 [6]) : Rif (Torrente & Egea, 1987 [100]; Alonso, 1993[7] ; Alonso & Egea, 1994a [8]), Nord ouest du Maroc central (Werner, 1975a [148]; Roux, 1991 [91]), Sud ouest du Maroc central (Werner, 1975a [148]), Grand Atlas (Alonso, 1993 [7]; Alonso & Egea, 1994a [8]), Anti Atlas (Alonso, 1993 [7]; Alonso & Egea, 1994a [8])

Thalle crustacé, brun rougeâtre, lobé sur les extrémités (Figure 5 A et B). Les apothécies, 0,4 à 0,8 mm, sont bruns noirâtres, planes ou un peu convexes avec un bord concolore au thalle et tacheté de pruines blanchâtres (Figure 5 C). Les squamules sont soudées entre eux et portent des points noirs (sous la loupe). Le thalle est insensible à KOH.

L'asque, 50 µm en longueur et 7 µm en largeur, contient 8 ascospores, 10,65- 16 x 3,66- 5 µm, hyalines unicloisonnées (Figure 5D).

- ***Placidium squamulosum*** (Ach.) Breuss, peu abondante dans le site de Chellah, observée sur la roche de la partie Romaine.

Cette espèce n'a jamais été signalée au Maroc, elle est nouvelle pour la flore lichénique marocaine.

Thalle crustacé, formé de grosses squamules planes, plus ou moins circulaires, épaisses, isolées ou groupés, imbriquées, de couleur brun olive si humide, brun- rougeâtre si sec, ou orange (Figure 6 A et B), bien fixées sur le substrat, un peu retroussée à la marge, atteignant 3 à 6 mm, limitées par un hypo thalle noirs sans rhizines, présences de rhizoïdes. Les périthèces, couleur noirs, enfouis ou non dans les squamules, apparaissent sous forme de gros point noirs, 0,4 mm en diamètre, ou de cratères (Figure 6B). L'asque, 50 µm en longueur et 7,5 µm en largeur, contient 8 ascospores, 11,65-13,65x 6-7,32 µm, hyalines, elliptiques (Figure 6D).

- ***Rocella phycopsis*** Ach., abonde beaucoup sur la tour de la mosquée de la période Mérinide et sur la porte de Chellah

Cette espèce a été signalée dans différentes régions u Maroc (Egea, 1996 [56]), dans le Rif (Hue, 1909 [71]; Bouly de Lesdain & Pitard, 1913 [33]; Maheu & Gillet, 1924 [78]; Maheu, 1928 [77]; Werner, 1931a [105], 1948 [129], 1962c [136], 1979 [151]; Egea & Rowe, 1987a [58],b[59] ; Torrente & Egea, 1987[100]; Egea, 1988 [54]; Roux & Egea, 1992 [93]; Alonso, 1993 [7]; Alonso & Egea ,1994a [8], 1995a [12], 1997 [16]; Faurel *et al.*, 1954 [62]), le Sud ouest du Maroc central CS (Braun Blanquet & Wilezek, 1923 [37]; Werner, 1931a [105], 1948 [129], 1955 [132], 1962c [136], 1972[145] ; Egea & Rowe, 1987b [59]; Nattah *et al.*, 2012b [85]), le Maoc central (Gattefossè & Werner, 1931 [64]; Werner, 1936b [119], 1948 [129], 1962c [136]), dans Haut Atlas (Alonso & Egea, 1997 [6]), l'Anti Atlas (Werner, 1955 [132], 1957 [134], 1962c [136]; Alonso, 1993 [7]; Alonso & Egea, 1994a [8], 1995a [12]), le Sud Ouest (Trotet, 1965 [99]; Faurel *et al.*, 1954 [99], f. *pygmea* (Durieu et Montagne) Zahlbr.; Egea & Limona, 1991 [57])

Thalle, de couleur gris, beige pâle, fruticuleux, buissonnant, généralement dressé, 2 à 5 cm de hauteur, lanières cylindriques (mais parfois un peu aplaties), épaisseur 1 à 2 mm (Figure 7 A et B) rameaux dichotome, la division se faisant surtout vers l'extrémité. Les rameaux sont recouverts de soralies blanchâtres, d'abord en forme de tubercules, puis ou moins globuleuses. Les sorédies en petites masses blanchâtres. La médulle du crampon est jaune (Figure 7 C ). Soralies, nombreuses. Le thalle devient rouge sous l'effet de l'hypochlorite de sodium (Figure 7 D). Les apothécies sont absentes. Le thalle devient rouge sous l'effet de l'hypochlorite de sodium (Figure 7 D).

Maheu et Gillet (1924) [78] ont décrit les apothécies de cette espèce rencontrée dans le Rif marocain. En effet, ces apothécies convexes pruineuses, parfois lécanorines brun noirs, peu nombreuses, sur rameaux rabougris ou à la base sur la surface des 'tiges' les plus anciennes, planes, déformées. Epithécium noir franc, thécium incolore, hypothécium brun foncé puis noir. Thèque de 105µ de longueur sur 18 de diamètre, renfermant 8 spores incolores à 4 loges de 16-2 3 X 4,5µm.

- ***Toninia aromatica*** (Turner) A. Massal, abonde sur les roches calcaires de la partie Romaine.

*Toninia aromatica* (Turner) A. Massal. est une espèce qui a été signalée au Maroc, en 1932, à Rabat, Chellah près de Bou Regreg, au niveau des falaises de sables agglomérés surplombant la mer aux grottes d'Hercule, près de Tanger, à Doukkala, sur clacaire de Bled Ouled Aïssa près de Dar Labagigue, sur terre et roche calcaire d'Aïn Seba, sur calcaire de Dar Bou Azza, sur terre de Hamada Hassi (Ajaj *et al.*, 2013 [6]). Elle été rencontré également à Sidi Boughaba (Mehdia, Kénitra) sur des roches calcaires (Nattah *et al.*, 2012b [85] ).

Le thalle est formé de squamules très petites, dispersées ou contiguës, simulant un thalle crustacé, de couleur cendré verdâtre (Figure 8 A). Les apothécies, de 0.5 à 1 mm, souvent groupées, noires, à disque d'abord concave ensuite plan jusqu'à convexe (Figure 8 B). L' asque contient 8 ascospores, hyalines, pluriseptées, avec 1 à 3 cloisons et mesurent 16,48 µm en longueur et 3,33 µm en largeur (Figure 8 D). L' epithécium est vert, l'hypothécium est brun rougeâtre (Figure 8 C). Les paraphyses sont divisées, articulées, et portent 2 cellules au sommet.

- ***Verrucaria nigrescens*** Pers., abonde sur les roches de la partie Romaine, mais jamais sur les surfaces exposées sud.

Elle a été cité au Maroc, dans différentes régions, sur murs et galets siliceux à Rabat (Chellah) et à Taourirt (Maroc oriental) et au niveau des collines autour de Daya Chiker (région de Taza) (Maheu & Werner, 1934 [81], 1935 [82]; Werner, 1931a [105], 1932a [108]et c [110], 1937b [124], 1970 [141], 1976b [150], 1979 [151]; Torrente & Egea, 1987 [100]; Egea,

1988 [54]; Alonso, 1993[7]; Alonso & Egea, 1994a [8]; Szatala, 1931 [96]; Gattefossé & Werner, 1931 [64]; Bouly de Lesdain, 1924 [35]; Egea, 1996 [56]; Ajaj *et al.*, 2013[6]).

*Verrucaria nigrescens* présente un thalle, brun noirâtre, crustacé, fissuré, les aréoles, anguleuses, mesurent 0.5 à 1 mm, marge bien délimité sans hypothalle (Figure 9 A et B). Les périthèces, noirâtres de 0,4 mm de diamètre, assez saillant, un peu enfoncé dans le thalle (Figure 9 C). Le cortex supérieur du thalle est brun formé des cellules plectenchimateux, mesurent 5 µm en diamètre et en dessus de ce cortex se trouve une couche hyaline. Les spores, (26-31 x 11.65-13.32) µm, sont simples, hyalines, largement elliptiques (Figure 9 D). L'hyménium est hyalin et l'hypothécium est brun.

- *Verrucaria calciseda* DC. , largement distribué sur les roches de la partie Romaine

*Verrucaria calciseda* D.C. a été rencontrée sur des roches calcaires et dolomitiques, à Tétouan, Beni Hosmar (800 m d'altitude (Rif occidental), à Fès, Ain Cheggag, Anocour (Moyen Atlas) et sur les rochers littoraux calcaires surplombant l'Oued Boû Regreg derrière Chellah, à Rabat (Werner, 1972 [145]). Elle a été signalée dans différentes régions du Maroc (Egea, 1996 [56], Ajaj *et al.*, 2013 [6]), Rif (Bouly de Lesdain & Pitard, 1913 [33]); Maheu & Werner, 1934 [81]); Gattefossé & Werner, 1931 [64]); Werner, 1937b [124]), 1939a [126]), 1939b [127]), 1948 [129]), 1979 [151]); Alonso, 1993 [7]); Alonso & Egea, 1994a [8]), Maroc central (Bouly de Lesdain & Pitard, 1913 [33]); Bouly de Lesdain, 1924 [35]); Gattefossé & Werner, 1931 [64]); Werner, 1931a [105]), 1937b [124]), 1955 [132]), 1970a [142]), 1972 [145]), Moyen atlas (Bouly de Lesdain, 1924 [35]); Werner, 1932c [110]), 1937b [124]), 1955 [132]), Nord ouest du Maroc central (Werner, 1967[139]), Grand Atlas (Alonso, 1993 [7]), Alonso & Egea, 1994a [8]), Anti Atlas (Werner, 1957 [134]); Alonso, 1993[7]); Alonso & Egea, 1994a[8]), Sud ouest du Maroc central (Asta *et al.* (1972) [21]).

Thalle continu, crustacé endolithique, lisse, blanc, gris blanchâtre, blanc jaunâtre (Figure 10 A et B). Les périthèces, 0.1 mm à 0.3 mm de diamètre, sont noirs, entièrement enfoncés dans la roche, planes ou convexes, entourés d'une enveloppe thalline (Figure 10 C), provoquant après leur disparition de nombreuses petites cavités. L'asque, 54 à 70 µm en longueur et 20 à 23.33 µm en largeur, contient 8 ascospores hyalines, simples, mesurent 20 à 26,6 µm en longueur et de 10 à 15 µm en largeur (figure 10 D).

- *Xanthoria calcicola* Oxner, observée sur la plupart des roches de la partie Romaine. ;

*Xanthoria calcicola* Oxner. a été rencontrée dans différentes régions du Maroc (Egea (1996 [56]); Ajaj *et al.*, 2013 [6]): Rif (Hue, 1909 [71]; Bouly de Lesdain & Pitard, 1913 [33]; Werner, 1937a [123], 1939a [126]); *X. calcicola* f. *congranulata* (de Lesd, 1979; Egea, 1988 [54]; Egea & Rowe, (1987a [58],b [59]; Torrente & Egea, 1987[100]; Alonso (1993[7]; Alonso & Egea, 1994a [8]), Nord ouest du Maroc central (Maheu & Gillet, 1925 [79]; Gattefossé & Werner, 1931 [64]; Werner, 1970a[142]; Egea & Rowe, 1987a [58]; Nattah *et al.*, 2012b [85]), Moyen Atlas (Werner (1932c [110],1937a [123], 1955[132], 1971 [144], 1974b [147]; Egea & Rowe, 1987a [58]), Sud ouest du Maroc central (Werner, 1967 [139]; Casares-Porcel *et al.*, 1994 [47]), Anti Atlas (Alonso, 1993[7]; Alonso & Egea, 1994a [8])

Thalle foliacé, 4.5 cm de diamètre, assez rigide, lobes plus onduleux. La face supérieure est jaune orangée plus ou moins foncée. La face inférieure est blanchâtre à brun claire avec des rhizines pâles. La partie centrale du thalle est granulo-verruqueuse (Figure 11 A et B). Les apothécies, 1,5 mm à 2 mm de diamètre, dispersées, courtement stipitées, disque orangé, marge crénelé à granuleuse concolores. L'epithecium jaune orangé, hyménium hyalin, hypothécium hyalin sous forme de maille. L'asque contient 8 ascospores hyalines, (11.65-16,65 x 6,66 - 9,32) µm, unicloisonées (Figure 11 D).

- *Xanthoria ectaneoides* (Nyl.) Zahlbr, abonde sur les roches de la partie Romaine

*Xanthoria ectaneoides* (Nyl.) Zahlbr a été signalée dans différentes régions du Maroc (Egea, 1996 [56]); Ajaj *et al.*, 2013 [6]): Rif (Maheu & Gillet, 1924 [78]), 1925 [79]; Szatala, 1931[96]; Gattefossé & Werner, 1931[67]; Werner, 1937b [124], 1979 [151]), Port Lyautey, Kénitra (Werner, 1934 [112]), Nord ouest du Maroc central (Szatala, 1931[96]; Gattefossé & Werner, 1931[64]; Werner, 1937b [124]), 1972[145]), Moyen Atlas (Szatala, 1931[96]); Gattefossé & Werner, 1931[64]; Werner, 1937b[124]), 1974b[147]), Hautes plaines (Szatala, 1931[96]; Gattefossé & Werner, 1931[67]; Werner, 1937b[124]), Sud ouest du Maroc central (Werner, 1936a [118]), 1954 [131], 1970b[143]), Haut Atlas:(Werner, 1954[131]; Werner, 1948[129]).

Thalle illimité, gonflé, la face supérieure est jaune orangé, la face inférieure blanche à brune. Les lobes ayant 1.1 mm en longueur et 0.5 mm en largeur (Figure 12 A et B). Les apothécies mesurent 1 mm à 3 mm en diamètre, planes, concave ou convexe. L'epithecium jaune orange, l'hyménium hyalin, l'hypothécium hyalin et se présente comme un réseau de maille. L'asque contient 8 ascospores, 10 à 16 µm en longueur et 6.66 à 7.32 µm en largeur, hyalines, unicloisonées, rondes ou ovoïdes (Figure 12 C).

#### 4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Les lichens ont une grande importance dans la détérioration de la pierre de construction des monuments. Parmi les grands groupes morphologiques de lichens, ce sont les foliacés et les crustacés que l'on rencontre majoritairement sur les monuments (Anonyme, 2010). Les foliacés forment un recouvrement compact mais superficiel, sans insertion véritable dans la roche. En revanche les crustacés font presque partie intégrante de la pierre. Leurs rhizines pénètrent dans les fissures existantes de la pierre ou même en créant d'autres par la production d'acides organiques. Ils sont donc capables d'entraîner à long terme une désagrégation granulaire superficielle (Loutz & Dinne, 2000[75]).

Par respiration, les lichens, produisent du CO<sub>2</sub> qui est transformé dans leurs thalles en acide carbonique. Celui-ci cause un changement de composition de la couche externe de la pierre juste sous le lichen, avec l'épuisement de ses éléments chimiques principaux (Al, magnésium, manganèse, Zn, silicium, Ca, K, Fe) et l'accumulation de certains de ces derniers, en particulier le Ca, à l'intérieur du thalle. De plus les lichens peuvent endommager de façon physique la pierre par pénétration profonde des hyphes (jusqu'à 15 millimètres) et par contraction et gonflement périodiques du thalle en fonction des changements climatiques. Un des acides les plus étudiés, produit par les lichens, est l'acide oxalique (Dakal et Cameotra, 2012 [51]). Certains lichens peuvent produire jusqu'à 50% de leur poids total de cet acide, qui peut être toxique pour l'organisme et est neutralisé en formant un composé très insoluble, l'oxalate de calcium, souvent responsables d'une coloration ocre de la surface des pierres qui développe avec le temps des petits cratères superficiels, phénomène d'altération caractéristique nommé pitting (Bromblet, 2002[43]).

Dans le site de Chellah, quatre espèces de lichens, considérés comme altérant peu le substrat, ont été rencontrés: *Collema crispum*, *Roccella phycopsis*, *Xanthoria calcicola* et *Xanthoria ectaneoides*. La première espèce peut se développer sur des sols peu profonds (Christensen, 2007[48]), sur les murs et les pierres des laves (Aptroot *et al.*, 2005[17]), les argiles compactes, les roches calcaires et sur des surfaces inclinées et ensoleillées (Alonso *et al.*, 1995[11]). *Roccella phycopsis*, seule espèce fruticuleuse rencontrée, abonde beaucoup sur la tour de la mosquée de la période Mérinide et sur la porte de Chellah, elle couvre de quelques centimètres le niveau du sol où le substrat est exposé aux vents humides de la mer. Cette espèce, fixée verticalement par rapport au substrat (Liscia *et al.*, 2003[74]), a été signalée à Rabat, en contrebas de l'Hôpital Marie-Feuillet, sur conglomérat maritime; sur le mur Almohade du Boulevard du Front de l'Oued, à Chellah sur *Olea* en mélange avec *Dirina ceratoniae* (Werner, 1972[145]). Elle pousse essentiellement sur les roches près de la côte (Kinalioğlu, 2005[72]; Aydin *et al.*, 2013 [22]) et sur les murs calcaires (Christensen *et al.*, 1997[49]).

*Xanthoria calcicola* est une espèce saxicole qui se développe sur les roches, les blocs rocheux et les substrats artificiels: murs, béton, tuiles, briques. Elle est calcicole ou calcifuge, basiphile à subneutrophile, euryhygrique, assez photophile ou héliophile, conio- et toxo- tolérant et se rencontre de l'étage thermoméditerranéen à l'étage montagnard (Roux *et al.*, 2006 [94]). Cette espèce saxicole, rarement lignicole ou corticole, se rencontre sur les parois, les surfaces horizontales ou inclinées et aux sommets des roches exposés des habitats maritimes (Lindblom, 2005 [73]).

*Xanthoria ectaneoides* abonde sur les roches de la partie Romaine. Cette espèce des étages méso-supra-méditerranéen et collinéen, est considérée également comme espèce calcicole ou calcifuge, basiphile à subneutrophile, assez photophile ou héliophile, nitrophile (Roux *et al.*, 2006 [94]).

Six espèces de lichens encroûtants, considérés comme espèces pénétrant et fracturant le substrat, ont été rencontrées dans le site de Chellah : *Aspicilia calcarea*, *Verrucaria nigrescens*, *Toninia aromatica*, *Verrucaria calciseda* (*Bagliettoa calciseda*), *Placidium squamulosum* et *Lecania spadicea*. La première espèce abonde sur les roches de la partie Romaine et elle est considérée comme espèce à biodégradabilité très agressive sur les affleurements des grès des montagnes des Atlas du Maroc (Villar, 2003[101]). Elle se développe également sur des roches calcaires, dans des endroits chauds, exposés au soleil (Liscia, 2003 [74]), au niveau des zones tempérées de l'hémisphère Nord (Carballal *et al.*, 1981 [45]) et sur des surfaces à pH élevé (> 8,5) (Eldridge, 1996[60]).

*Verrucaria nigrescens* a été observée au niveau de toutes les expositions des roches de la partie Romaine, à l'exception des surfaces exposées sud. Cette espèce, considérée comme neutrophile et xériques (Carballal *et al.*, 1981[45]), colonise divers substrats (roches, murs, pierres, tuiles, ..) et surfaces horizontales, verticales et inclinées (Carballal *et al.*, 1981 [45]; Bartoli *et al.*, 1998[25]).

*Toninia aromatica* a été rencontrée sur toutes les surfaces des roches calcaires de la partie Romaine. Elle est considérée comme espèce saxicole, parfois saxiterricole, rarement terricole, ou muscicole et se distribue dans tout l'habitat boréal-méditerranéen (Wirth, 1995 [152]), sur les terres et sur les roches calcaire et dans des endroits qui sont bien éclairés (Fiol Mora, 2010 [63]).

*Bagliettoa calciseda* ou *Verrucaria calciseda* est largement distribuée sur les roches de la partie Romaine. Elle s'établit sur des substrats calcaires (rochers, blocs et petites pierres de murs ou sur le sol), rarement sur le béton, dans des biotopes suffisamment ensoleillés et peu ou moyennement eutrophiés. L'espèce est qualifiée de saxicole, calcicole, basiphile, mésophile ou xérophile, astégophile (Roux *et al.*, 2006 [94]), photophile ou héliophile, de peu nitrophile à héli nitrophile. *Bagliettoa calciseda*, rencontrée entre l'étage thermoméditerranéen et l'étage montagnard, plus rarement au subalpin. (Gueidan, *et al.*, 2007 [67]), a été signalée en Europe et dans la région méditerranéenne (Carballal *et al.*, 1981 [45]).

*Placidum squamulosum* est peu abondante dans le site de Chellah, elle épouse les sommets des roches de la partie Romaine et se présente sous forme de squamules dispersées. L'espèce a une distribution mondiale et une grande amplitude écologique (Breuss, 1999 [30]), elle peut être rencontrée sur le sol, les mousses, les débris et principalement sur les sols calcaires, au niveau des zones ouvertes de faible à haute altitude (Nash *et al.*, 2001[83]). Cette espèce a été rencontrée pour la première fois au Maroc.

Les travaux sur les lichens des monuments historiques du Maroc sont peu nombreux. Le nombre d'espèces de lichens rencontré au niveau du Tour Hassan (Nattah *et al.*, 2012b [85]) et celui du site de Chellah reste faible. Il est cependant évident qu'une étude exhaustive des lichens de tous les points de ces sites pourra être envisagée. Cette étude ne représentera qu'une petite composante des communautés des microorganismes colonisant les matériaux de construction de ces monuments. La caractérisation de toutes les communautés des microorganismes colonisant la pierre est une étape préalable indispensable pour assurer le contrôle du processus de biodétérioration et l'élaboration de traitements adaptés. En effet, d'autres microorganismes, bactéries champignons, algues et lichens, se développant communément sur les pierres de constructions (Gaylarde et Gaylarde, 2000 [65]; Gorbushina, 2007[66]) ont des effets néfastes importants sur ces pierres. D'après Warscheid et Braams (2000 [103]), ces effets sont d'ordre esthétique (modification de la couleur), physique (altération du matériau par pénétration et par impulsion de contraintes mécaniques) et chimique (corrosion de la matière minérale). Mais la biodétérioration reste un processus de détérioration beaucoup plus lent qu'un processus physique ou chimique. En effet, il a été signalé que certains trottoirs en calcaire du forum de la cité romaine Baelo Claudia (Cadix, Espagne) qui ne sont pas couvertes par des lichens, présentent une détérioration plus forte que celles colonisées par les lichens (Adamo et Violante, 2000 [1]). Ces détériorations sont attribuées aux effets combinés du vent, des sels et de l'eau qui, sous certaines conditions, peuvent facilement désintégrer le substrat.

Parfois, dans certains cas, les lichens jouent un rôle protecteur de substrat en protégeant la pierre contre les conditions atmosphériques. Adamo et Violante (2000) [1] a constaté que la présence des lichens retarde l'effet des précipitations et des changements de température en diminuant l'absorption de l'eau de pluie et les processus de dissolution et de précipitation.

La pierre de construction des monuments est aussi continuellement exposée à différents agents détériorant, comme le vent, la pluie, le soleil, ou l'humidité (Berdoulay, 2008 [29]). Les agents d'altération biologiques sont principalement certaines bactéries, les mousses, les champignons, les algues et les lichens (Warcheid, 2000 [103]). Ces organismes sont responsables de 20 à 30 % de la détérioration de la pierre (Wakefield et Jones, 1998 [102]). Généralement, les premiers colonisateurs sont les bactéries, pionnières dans le processus de colonisation et qui se développent sur tout type de substrat suivies par les algues et les cyanobactéries (Barberousse *et al.*, 2006a [23]et b[24]). La présence de ces microorganismes favorise la croissance des lichens et des mousses allant jusqu'au développement de végétaux supérieurs (Deruelle, 1991[53]; Perrichet, 1991[91]).

Certains groupes de bactéries agissent à la surface des matériaux, cas des bactéries ammonifiantes, nitreuses, nitriques ou encore sulfatoréductrices (Loutz & Dinne, 2000[75]). Elles produisent, de par leur métabolisme, des acides intervenant dans la dégradation des matériaux, entraînant ainsi une perte de cohésion du matériau par dissolution d'éléments calcaires et l'apparition de fissures suite à la transformation de composés cimentaires (Perrichet 1991[91]; Loutz & Dinne, 2000[75]).

Les algues et les cyanobactéries peuvent dissoudre le carbonate de calcium des pierres calcaires (Perrichet, 1991[91]). Outre cet effet chimique, ces microorganismes pénètrent le réseau poreux des matériaux, induisant ainsi par gonflement ou rétraction de leur mucilage (Ortega-Calvo *et al.*, 1991[90]). Les champignons, les lichens et les bactéries peuvent avoir une action détériorante directe. Ils sont capables de sécréter des acides organiques pour dégrader différents types de supports (Loutz & Dinne, 2000 [75]).

Les mousses colonisent de préférence les surfaces préalablement dégradées par des agents climatiques ou biologiques. Leur croissance est, par ailleurs, liée à la présence d'un microsols. Bien qu'elles produisent des substances qui peuvent contribuer à l'altération du matériau, la présence de mousses est surtout nocive car elles préparent un substrat favorable au développement de végétaux nettement plus dommageables pour le revêtement (Perrichet, 1991[91]). Les végétaux qui poussent sur les édifices témoignent généralement d'un manque d'entretien et de la présence d'humidité dans les joints des matériaux (Taleb *et al.*, 2005 [97]). D'après ces auteurs, les paramètres de l'environnement favorisant la croissance des

végétaux à partir des semences, sont la lumière, l'oxygène, le gaz carbonique et les sels minéraux provenant des matériaux pierreux. Les racines de ces végétaux et surtout celles des phanérogames qui, par leur masse racinaire accentuent la détérioration des maçonneries et créent des fissures profondes au niveau des murailles. Au Maroc, la flore peuplant les matériaux de construction des monuments est très diversifiée. Taleb *et al.* (2005) [97] ont adressé un inventaire de 171 espèces végétales réparties en 46 familles botaniques. Les familles les plus représentées sont les *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Caryophyllaceae*, *Geraniaceae*, *Brassicaceae* et *Lamiaceae*. D'après ces auteurs, ce sont les arbres (20 espèces) et les plantes vivaces qui constituent un danger sérieux pour les murailles, surtout par le phénomène de fissuration par l'action des racines géantes de ces végétaux. Ils exploitent les plans de faiblesse tout en exerçant des pressions suffisamment importantes en provoquant l'élargissement des fissures préexistantes et la fragmentation de la pierre et en générant des microsols humides, source de sels et le lieu d'une intense activité biologique (Bromblet, 2010b [42]).

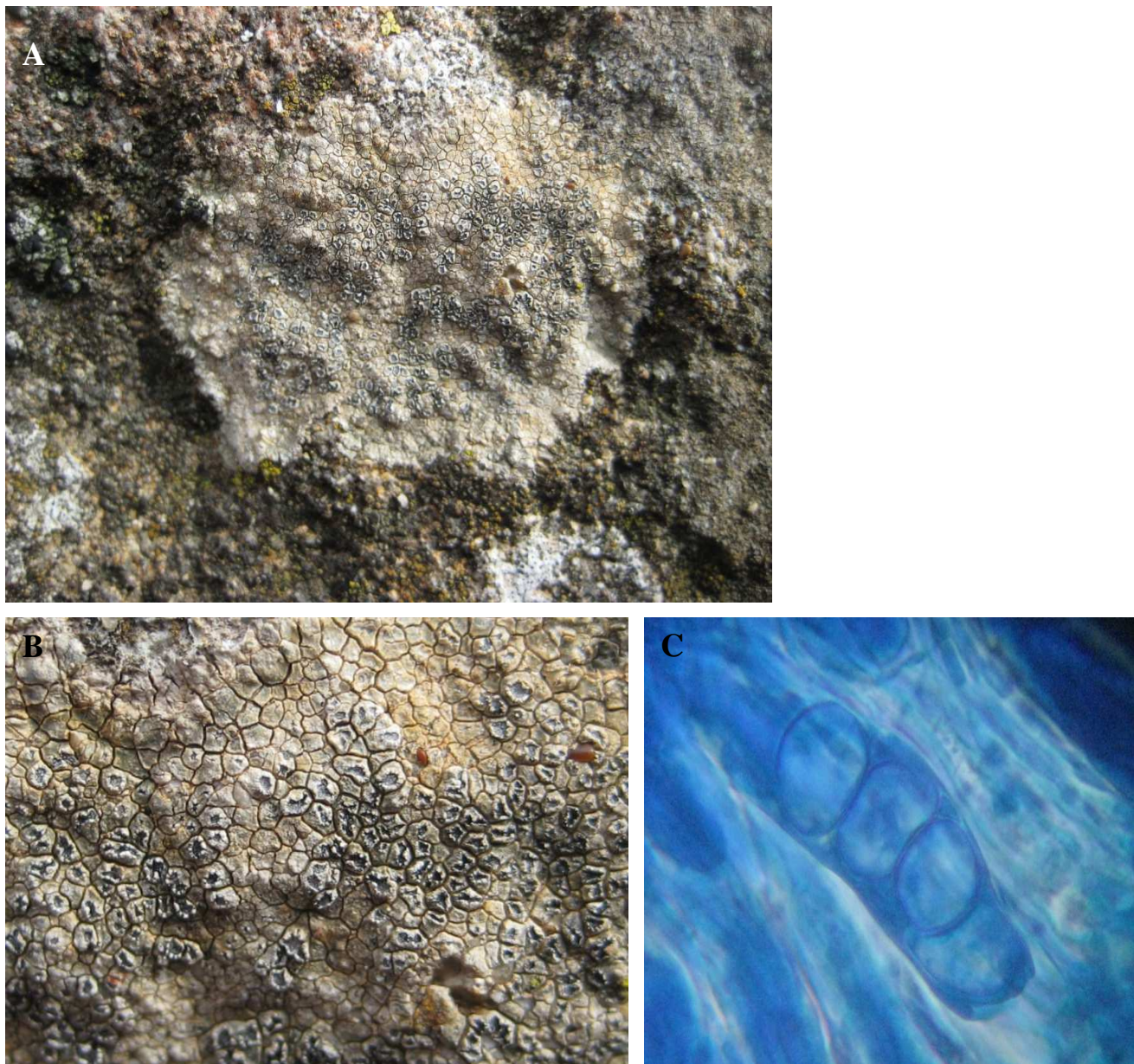
Les animaux ont également une part dans la dégradation des pierres de la construction. Les pigeons, par exemple, griffent la pierre et leurs déjections enlaidissent les sculptures et constituent aussi une source de phosphates et nitrates et donc de sels solubles (Bromblet, 2010a [41]).

L'évaluation des dommages biologiques est possible par la connaissance des espèces de microorganismes présentes sur la pierre. Ainsi, dans les cas où la présence des microorganismes n'est pas désirée sur les monuments ou bâtiments, à cause de la détérioration inesthétique, avant de décider quelle méthode appliquer pour le nettoyage, il serait opportun de savoir quels microorganismes doivent être enlevés. L'idée est de « connaître avant d'agir ». L'évaluation des dommages biologiques est possible par la connaissance des espèces de microorganismes présentes sur la pierre de construction des monuments.





Figure 2 . Site de Chellah (A) : partie Romaine (B et C), partie mérinide (D)



*Figure 3* *Aspicilia calcarea*: thalle (A), apothécies (B), asque avec 4 ascospores (C).

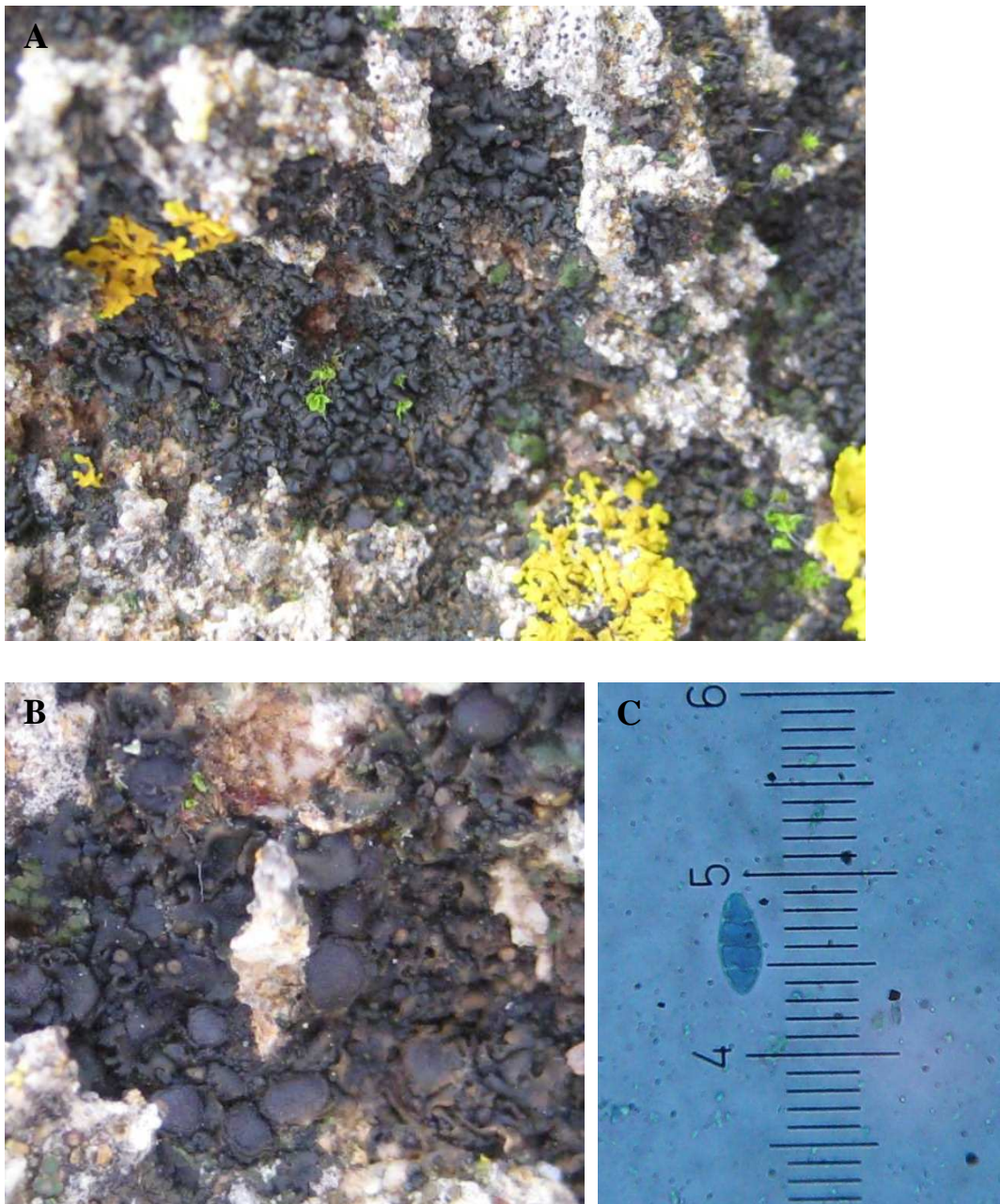


Figure 4 *Collema crispum*: Thalle fixé sur une roche calcaire (A), Apothécies (B), Spore (C)

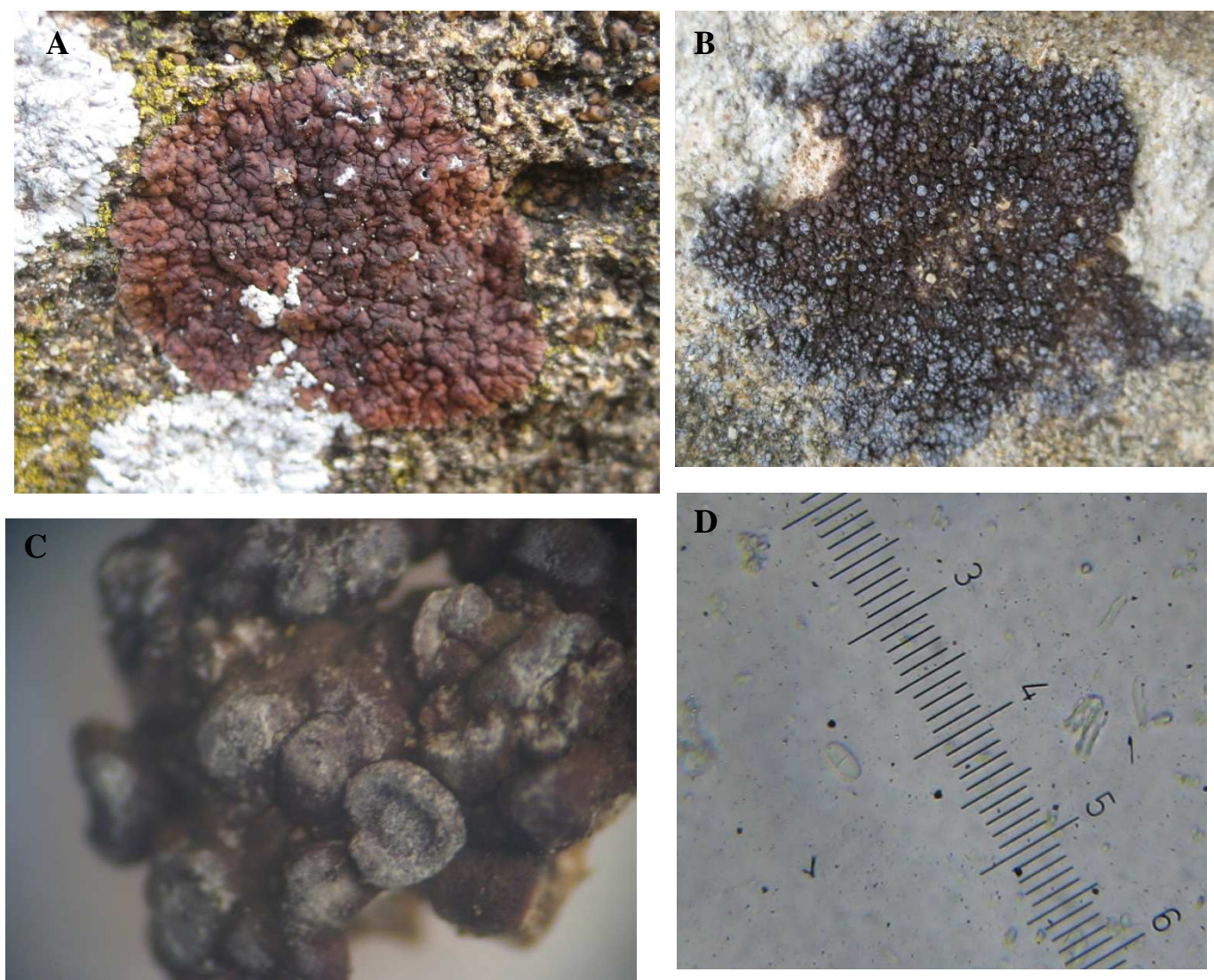


Figure 5 *Lecania spadicea*: Thalle (A et B), Apothécies (C), Spore (D).

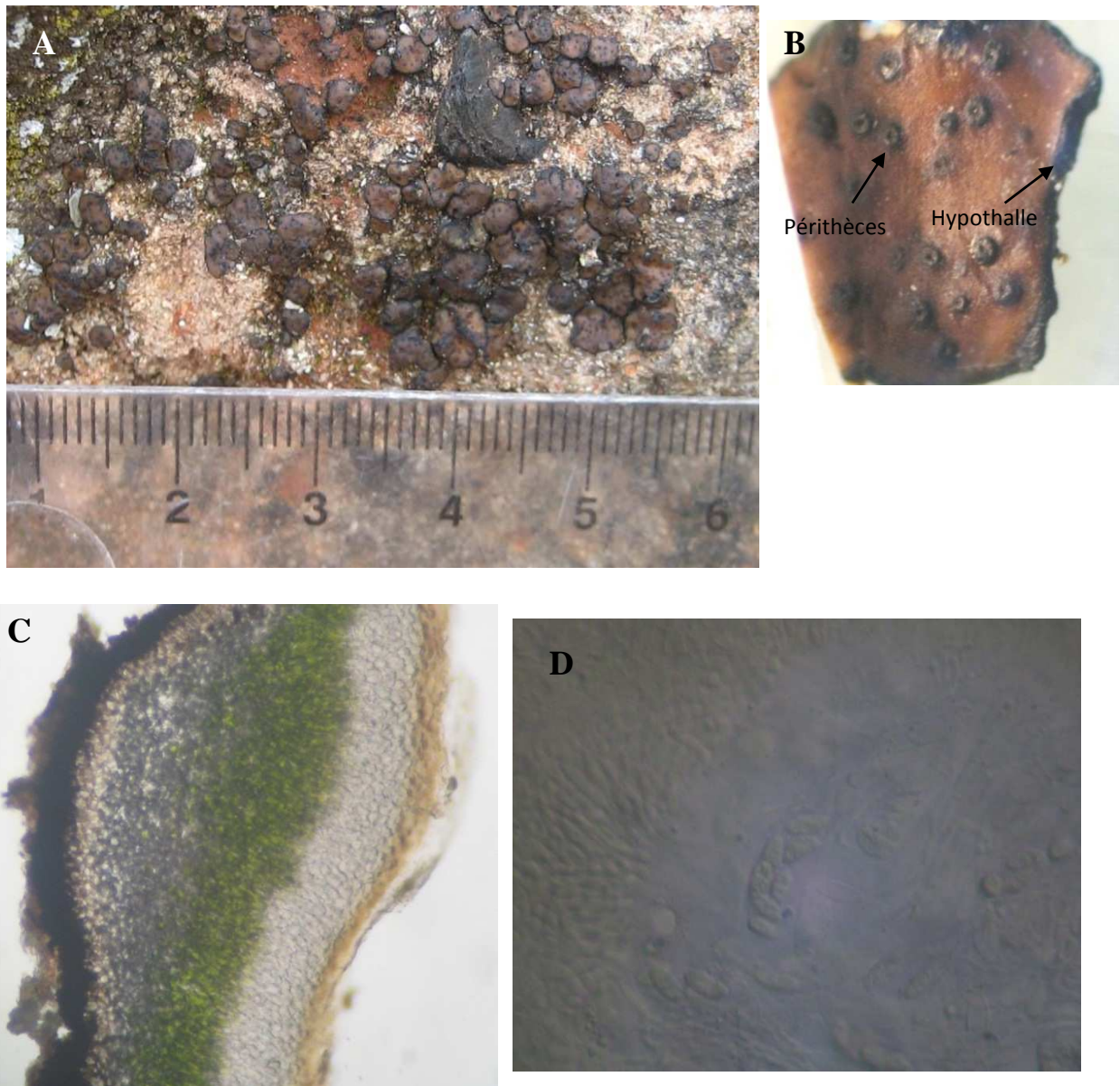


Figure 6. *Placidium squamulosum*: Thalle (A), périthèces et hypothalle (B), coupe du thalle (C), Asque avec ascospores (D).

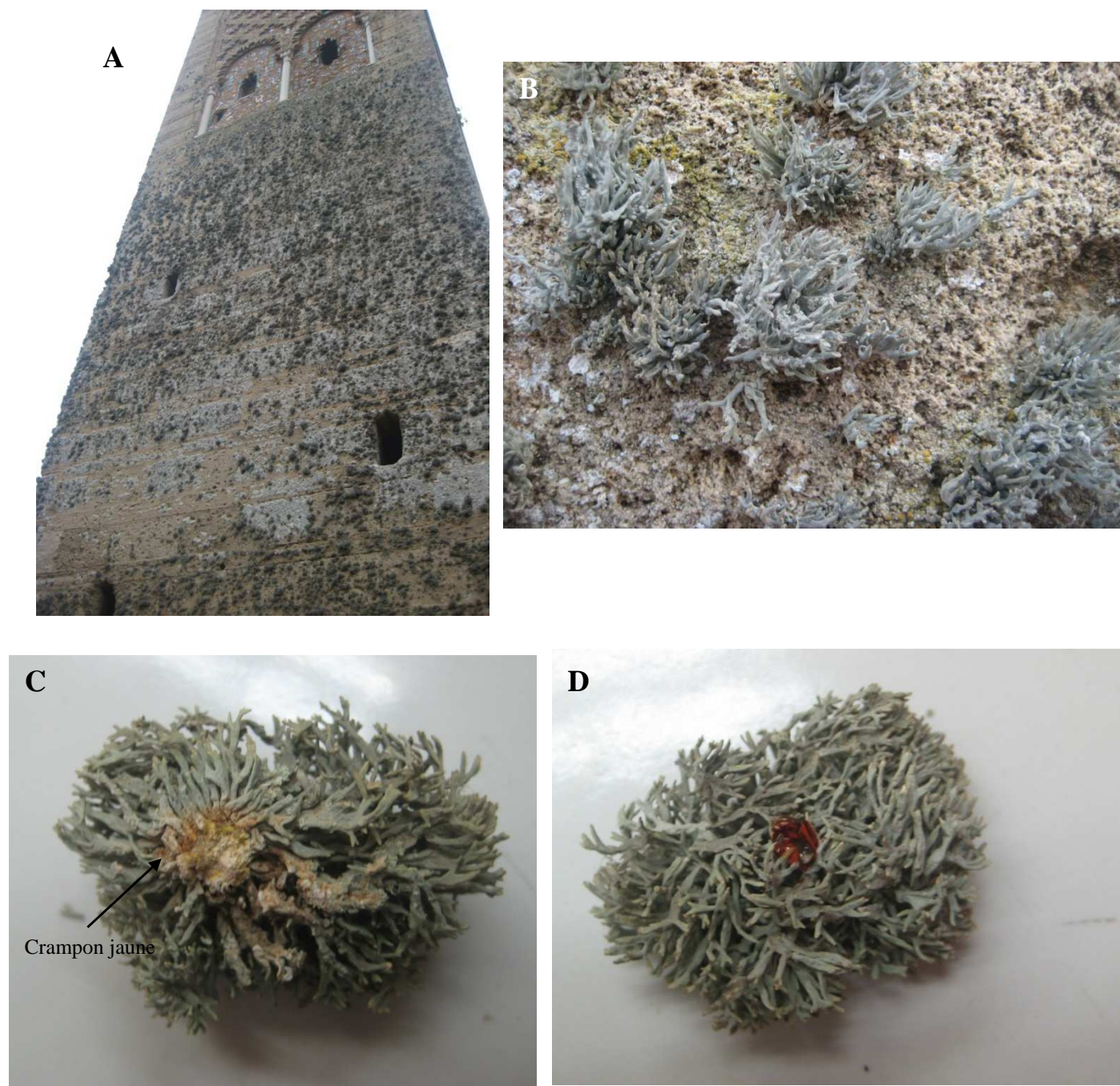
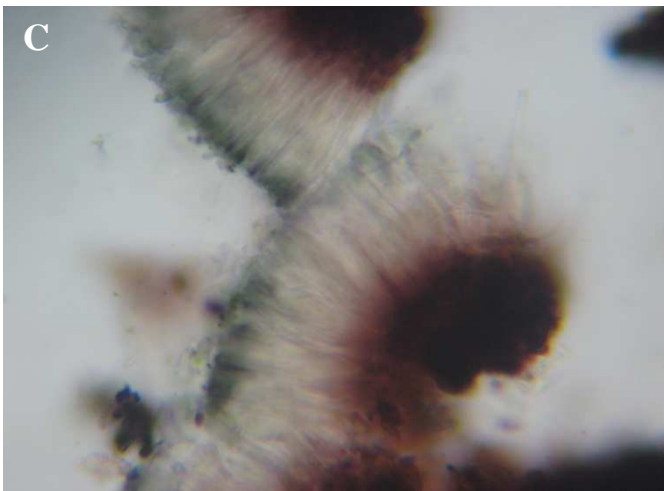
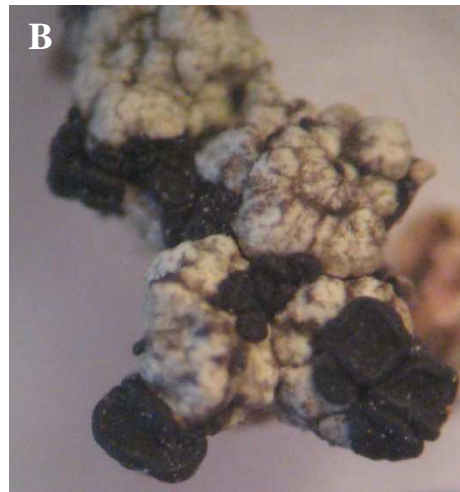


Figure 7. *Rocella phycoopsis*. Thalle fixé sur la tour de la mosquée (A) et (B), Crampon jaune du thalle (C), Effet de l'hypochlorite de sodium sur le thalle (D).



**Figure 8. *Toninia aromatica*: Thalle (A), Apothécies noires (B), épithécium vert et hyothécium brun rougeâtre (C), Spore (D)**

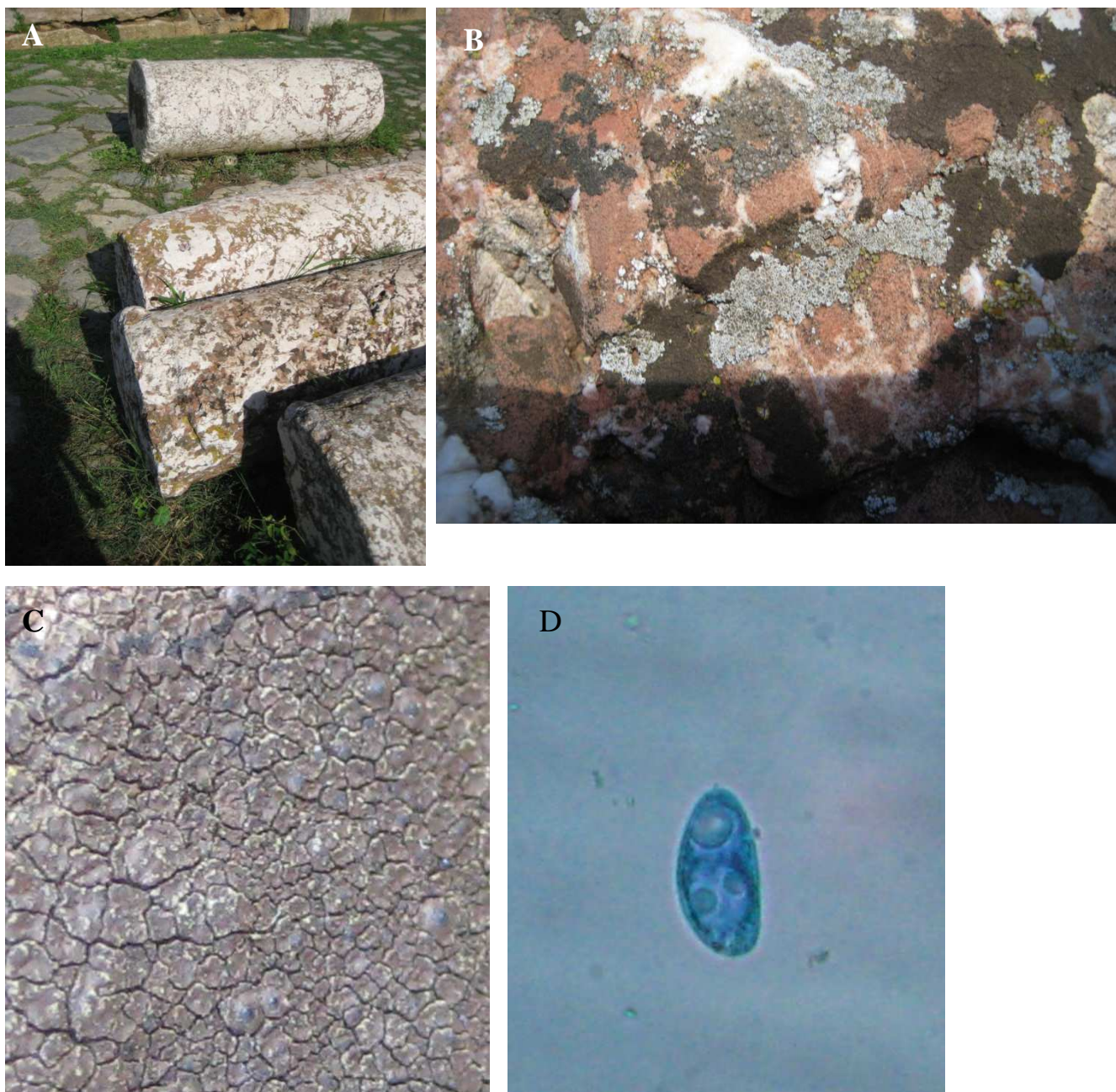
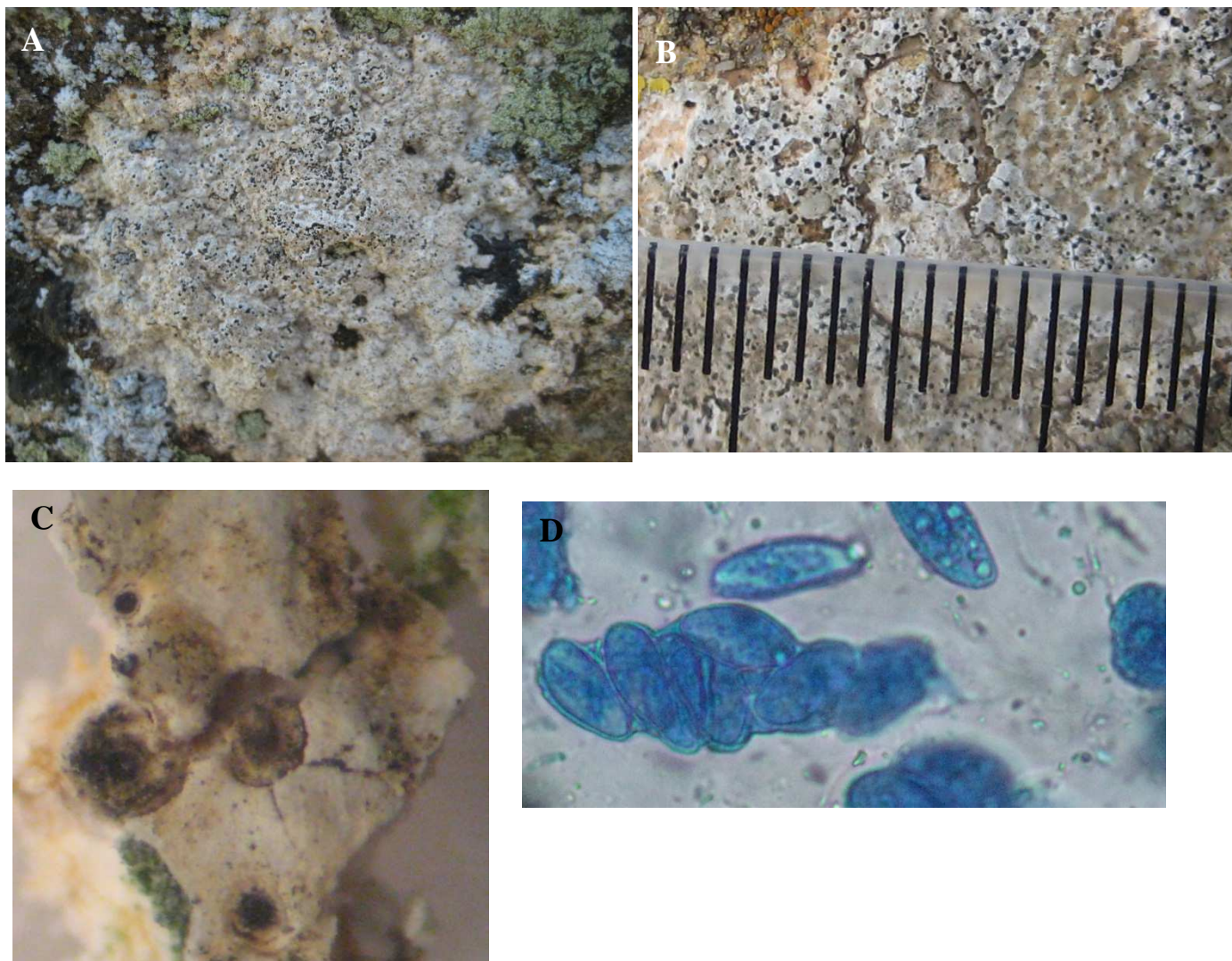
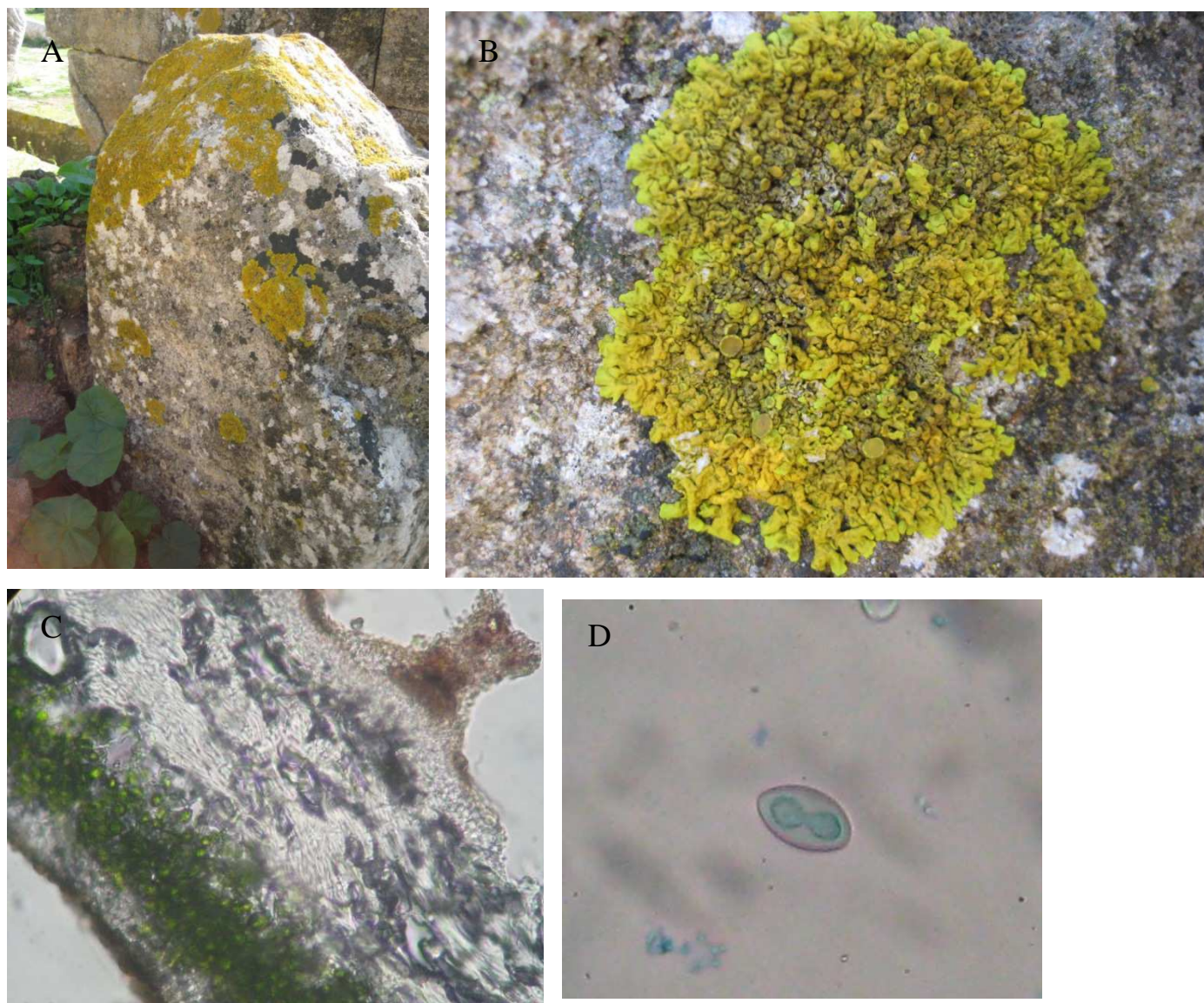


Figure 9. *Verrucaria nigrescens*: Thalle (A, B), thalle et périthèces (C), spore (D)

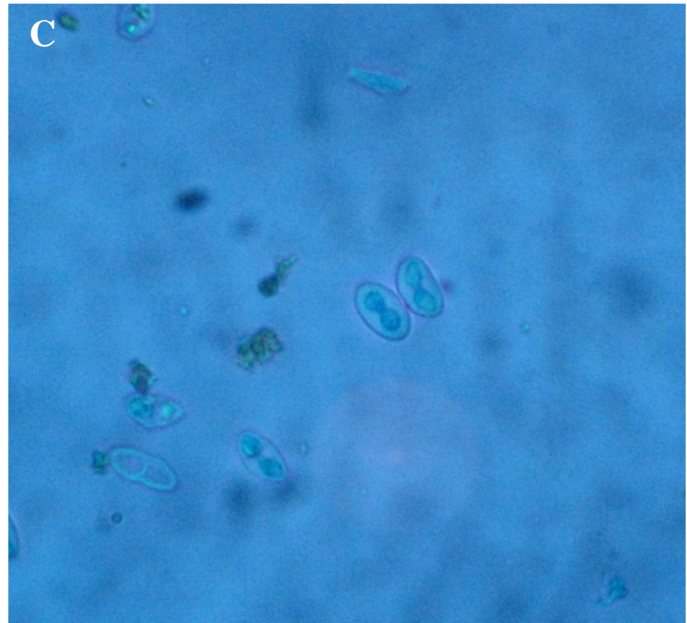




*Figure 10 Verrucaria calciseda: Thalle (A et B), Périthèces (B), Asque avec ascospores (C.)*



*Figure 11. Xanthoria calcicola: Thalle (A et B), coupe du thalle (C), Spore (D).*



*Figure 12. Xanthoria ectaneoides: Thalle (A et B), spores (C).*

## REFERENCES

- [1] Adamo P. et Violante P., 2000. Weathering of rocks and neogenesis of minerals associated with lichen activity. *Applied Clay Science* 16: 229–256
- [2] Alaoui M., Asebriy L., Bucci C., El Amrani E.I., Franchi R., Guerrera F., Martin M., Patamia C., Raffalli G., Robles M.P., Tejera J. de Leon, and Tentoni L., 2006. GIS and new technologies in geological analysis for restoration of Islamic monuments of the city of Rabat (Morocco). 5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Earth Information and Systems Water, Barcelona, Catalonia, Spain, June 13-16.
- [3] Ajaj A., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Fennane M. & Douira A. 2007. Inventaire de la collection des lichens et champignons lichénicoles de l'Herbier national "RAB" de l'Institut Scientifique (Rabat, Maroc). Documents de l'Institut Scientifique, Rabat, 21: 1-70.
- [4] Ajaj A., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., & Douira A. 2009. *Parmelina pastillifera* (Harm.) Hale, nouvelle espèce pour le Moyen Atlas plissé, Maroc. *Bull. Mycol. Bot. Dauphiné-Savoie*, 194: 39-42.
- [5] Ajaj A., Ouazzani Touhami A., Benkirane R. & Douira A. 2010. Étude de la répartition de quelques lichens épiphytes dans le Moyen Atlas central (Maroc). *Bull. Mycol. Bot. Dauphiné-Savoie*, 198: 35-42.
- [6] Ajaj A., Ouazzani Touhami A., Benkirane R. & Douira A. 2013. Contribution to the update catalogue of lichenized and lichenicolous fungi in Morocco. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 19, Issue 3: 2961-3025
- [7] Alonso L., 1993. Liqueenes calcícolas and terrícolas de las zonas costeras meridionales de la Peninsula Ibérica y de Marruecos. Tesis Doctoral, Univcrsidad de Murcia.
- [8] Alonso L. & Egea J. M., 1994a. Liqueenes calcícolas y terrícolas de algunas localidades costeras de Marruecos. *Acta Bot. Malac.*, 19: 51-61.
- [9] Alonso L. & Egea J. M., 1994b. Algunos liquenes interesantes de áreas costeras del sur de la Peninsula Ibérica y Marruecos. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.*, 15: 225-238.
- [10] Alonso L. & Egea J. M., 1994c. Sobre las comunidades de liquenes calcícolas de zonas costeras del sur de la Peninsula Ibérica y Marruecos. *Studia Geobot.*, 14: 3- 25.
- [11] Alonso, E.E., LLORET, A., Gens, A. et Yang, D.Q., 1995. Experimental behaviour of highly expansive double- structure clay. In Alonso et Delage (eds), *Proc. 1<sup>st</sup> Int. Conf. on unsaturated soils*, Paris. Rotterdam: Balkema. ISBN: 90-5410-583-6. Vol. 1, pp. 11-16.
- [12] Alonso L. & Egea J. M., 1995a. Sobre la presencia de *lecanora rubicunda* en Marruecos. – *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 16: 301-304.
- [13] Alonso L. & Egea J. M. 1995d. Sobre la presencia de *Lecanora rubicunda* en Marruecos. *Cryptogamic, Bryol. Lichénol.* 16: 301-304.
- [14] Alonso F. L. & Egea J. M., 1995e. Calcicolous and terricolous lichens of some coastal localities of Portugal. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 5: 39-48.
- [15] Alonso F. L. & Egea J. M., 1995f. Líquenes calcícolas y terrícolas de algunas localidades costeras de Portugal. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 5: 39-48.
- [16] Alonso F.L and Egea J.M., 1997. Líquenes epifíticos de algunas localidades costeras de Marruecos. *Acta Botanica Malacitana* 22: 13-18.
- [17] Aptroot A. et Rodrigues A. F., 2005. Additions to the Azorean lichen flora. *Arquipelago. Life and Marine Sciences*, 22A: 71-75
- [18] Asebriy L., Bucci C., El Amrani I., Franchi R., Guerrera F., Martin Martin M., Patamia C., Raffaelli G., Robles Martin P., Tejera de Leon J., and Tentoni L., 2007. Étude intégrée de la dégradation des monuments historiques Romains et Islamiques de la ville de Rabat (Maroc): Proposition de solutions durables de prévention et de restauration. *Science and Technology for Cultural Heritage*, 16 (1-2): 45-65.
- [19] Asebriy L., Bucci C., El Amrani E.I., Franchi R., Guerrera F., Martin M., Patamia C., Raffalli G., Robles M.P., Tejera J. de Leon, and Tentoni L., Alcalá F.J., 2009. Deterioration processes on archaeological sites of Chellah and Oudayas (world cultural heritage, Rabat, Morocco): restoration test and recommendations. *Ital. J. Geosci.*, 128 (1): 157-171.
- [20] Asebriy L., 2010. Les monuments historiques de la ville de Rabat: Etude des processus d'altération et propositions de solutions durables de prévention et de restauration. *Workshop international: Patrimoine géologique et développement durable de la Région de Rabat Salé Zemmour Zaer Rabat*, 14, 15 et 16 Décembre 2010, pp :9-10
- [21] Asta J., Clauzad G. & Ozenda P., 1972. Lichens du Sud-Ouest marocain. *Rev. Bryol. Lichénol.* 38(2): 299-303.
- [22] Aydin S., Kinalioğlu K., 2013. The investigation of antibacterial activities of Ethanol and Methanol extracts of *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale (Parmeliaceae) and *Roccella phycopsis* Ach. (Roccellaceae) Lichens collected from Eastern Blacksea Region, Turkey. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3 (2): 143-147.

- [23] Barberousse H., Tell G., Yéprémian C. and Couté A., 2006a. Diversity of algae and cyanobacteria growing on building façades in France. *Algological Studies*, 120: 83- 110.
- [24] Barberousse H., Lombardo R.J., Tell G and Couté A., 2006b. Factors involved in the colonization of building façades by algae and cyanobacteria in France. *Biofouling*, 22(2): 69-77.
- [25] Bartoli A., Massari G., Ravera S., 1998. The Lichens of the Mausoleum of Munatius Plancus (Gaeta). *Die Flechten am Mausoleum des Munatius Plancus (Gaeta)*. *Sauteria*, 9: 53-59.
- [26] Bellitir D., R Nijs R., Asebriy L., and Aberkane M., 1987. Evolution de la calcarénite dans les constructions, vitesse d'altération en fonction des facteurs naturels et industriels. *Mines, Géologie & Énergie*, 57: 83-88.
- [27] Bellitir D., 1998. Etude géologique et techniques des calcarénites de la côte atlantique et des calcaires mésozoïques des rides préférales, utilisés au Maroc dans les constructions anciennes et actuelles. Thèse de Doctorat, Université de GAND, Belgique, 268p.
- [28] Bellitir D., Nijs R., Asebriy L et Aberkan M. 1998. Evolution de la calcarénite dans les constructions; vitesse d'altération en fonction des facteurs naturels et industriels. *Mines, Géologie et Energie*, 57 : 83-88.
- [29] Berdoulay M., 2008. Analyses physico-chimiques et microbiologiques de façades en pierre exposées aux embruns marins du Golfe de Gascogne Thèse de Doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour, France, 181p.
- [30] Breuss O., 1999. On some pyrenocarpous lichens from the Indies. *Linzer Biologische Beiträge*, 31(2): 839-844.
- [31] Bromblet Ph., Leroux L., Oriol G., 2002. L'impact de l'environnement sur les altérations des pierres en œuvre. *Revue Pierre Actual (revue spécialisée dans les métiers de la pierre)* éd. Le Mausolée, 790: 58-68.
- [32] Bouly de Lesdain M. 1905. Notes lichenologiques III. *Bul. I. Soc. Bot. France*, 52: 547-548.
- [33] Bouly de Lesdain M. et Pitard C. J., 1913. Lichenes. Pp 153-163. In: Pitard, C. J. (ed.), *Exploration scientifique du Maroc*, fasc. I, Botanique.
- [34] Bouly de Lesdain M. 1921. Notes lichénologiques XVIII. *Bull. Soc. Bot. France*, 68: 490-495.
- [35] Bouly de Lesdain M., 1924. Lichens du Maroc recueillis par M. Mouret en 1912. *Mém. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 8(2): 290-229.
- [36] Braun-Blanquet J. & Maire R. l 924. Etudes sur la végétation et la flore marocaine. *Mém. Soc.Sci. Nat. Maroc*, 8: 154-156.
- [37] Braun-Blanquet J. & Wilezek E., 1923. Contribution à la connaissance de la flore marocaine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N.* 14(4): 191- 197.
- [38] Breuss O., 1994a. Die Flechtengattungen *Catapyrenium* und *Placidiopsis* in Nordafrika. *Nova Hedwigia*, 58: 229-237.
- [39] Breuss O. 1994b. Über einige wenig bekannte *Verrucaria*-Arten (Lichenes, *Verrucariaceae*). *Österr. Z Pilzk.*, 3: 15-20.
- [40] Breuss O., 1995. Bemerkungen. zur Sektion *Polyrhizion* der Flechtengattung *Dermocapon* (*Verrucariaceae*). *Österr. Z. Pilzk.*, 4: 137- 145.
- [41] Bromblet P., 2010a. Mémento sur les Altérations de la pierre. *Pierre du Sud*, Base de données sur les pierres du patrimoine historique et archéologique du sud de la France, CICRP – 2010, 24p, <http://pierresud.brgm.fr>
- [42] Bromblet P., 2010b. Guide « Techniques de conservation de la pierre ». Association MEDISTONE – 2010, 28p., [www.asso-medistone.org](http://www.asso-medistone.org)
- [43] Bromblet Ph., Leroux L., Oriol G., 2002. L'impact de l'environnement sur les altérations des pierres en œuvre, *Revue Pierre Actual (revue spécialisée dans les métiers de la pierre)* éd. Le Mausolée, 790: 58- 68.
- [44] Burgaz A. R. & Sarrión F. J. 1995. *Buellia cedricola* new to Europe. – *Lichenologist*, 305-308
- [45] Carballal Y R., Gimenez- Coral M. 1981. Líquenes de las « calizas de los páramos» de la Alcarria Occidental (Guadalajara). *Trab. Dep. Botánica y F. Veg.*, 11: 59-71.
- [46] Carballal R., 2013. El género *Roclella* en la Península Ibérica y las Islas Baleares. *Bot. Complutensis* 37:13-20.
- [47] Casares-Porcel M., González-Tejero M. R. & Bouchaalal A. 1994. Contribución al conocimiento de la flora líquénica gipsícola de Marruecos. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.*, 15: 239-244.
- [48] Christensen S.N. et Svane S. 2007. Contribution to the knowledge of the lichen flora of Crete (Kriti), Greece. *Willdenowia*, 37: 587-593.
- [49] Christensen S. N., Pišut I. et Spiman H. J. M. 1997. New and noteworthy lichen records from the Ionian island of kerkira (Corfu), Greece. *Willdenowia*, 27: 265-272.
- [50] Culberson C. F., 1969. *Chemical and Botanical Guide to Lichen Products*, p. 628. University of North Carolina Press, Chapel Hill, North Carolina, USA.
- [51] Dakal T.C. and Cameotra S. S., 2012. Microbially induced deterioration of architectural heritages: routes and mechanisms involved. *Environmental Sciences Europe*, 24:36
- [52] Degelius G. 1954. The lichen genus *Collema* in Europe, morphology, taxonomy, ecology. *Symb. Büt. Upsal.*, 13(2): 1-499.
- [53] Deruelle S., 1991. Rôle du support dans la croissance des microorganismes. *Materials and Structures*, 24 : 163-168

- [54] Egea J. M. 1988. Prospecciones liquenológicas en Africa del Norte. III. Liqueenes saxicolos del Cabo Tres Forcas (Nador, Marruecos) y Cabo Falcón (Oràn, Argelia). *Collect. Bot. (Barcelona)* 17(2): 183-189.
- [55] Egea J. M. 1989. Las comunidades liquénicas saxicolos, ombrofobos, litorales del suroeste de Europa y norte de Africa (*Roccelletea phycopsis* classis prov.). *Studia Geobot.* 9: 73-152.
- [56] Egea J. M. 1996. Catalogue of lichenized and lichenicolous fungi of Morocco. *Bocconea* 6: 19-114.
- [57] Egea J. M. & Limona X., 1991. Phytogeography of silicolous lichens in mediterranean Europe and NW Africa. *Bot. Chron.*, 10: 179-198.
- [58] Egea J. M. & Rowe J. G. 1987a. Lichenological excursion in North Africa. 1. Silicolous lichens in Morocco. *Collect. Bot. (Barcelona)*, 17(1): 27-45.
- [59] Egea J. M. & Rowe J. G. 1987b. *Pertusarietum mammoso-gallicae* y *Lecanactino-Dirinetum sorediatae*. Dos nuevas asociaciones liquénicas rupicolos. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 44(1): 119-129.
- [60] Eldridge D. J., 1996. Distribution and Floristics of Terricolous lichens in soil crusts in arid and semi-arid New South Wales, Australia. *Australia. J. Bot.*, 44: 581-599.
- [61] El Azhari H. and El Amrani El Hassani I.E., 2009. Diagnostic and Monitoring of building stones using P-wave velocity: application to historical monuments of Rabat (Morocco). In: Ferrari A (ed.): *Proceedings of the 4th International Congress on "Science and technology for the safeguard of cultural heritage in the Mediterranean basin"*, Cairo, Egypt, 6th-8th December 2009, vol. II, session B, pp. 487-494.
- [62] Faurel L., Ozenda P. & Schotter G., 1954. Matériaux pour la flore lichénologique d'Algérie et de Tunisie III. (*Artoniaceae*, *Dirinaceae*, *Roccellaceae*). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N.*, 45: 275-298
- [63] Fiol Mora L M., 2010. Liqueens Saxicolos Calcícolos de Mallorca I Cabrera. Control Biològic del Procés de Meteorització de les Roques Calcàries. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, 264p.
- [64] Gattefossé J et Werner R. G., 1931. Catalogus lichenum marocanorum adhuc cognitorum. – *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc* 11: 185-255.
- [65] Gaylarde P.M. & Gaylarde C.C., 2000. Algae and cyanobacteria on painted buildings in Latin America. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 46: 93-97.
- [66] Gorbushina, A.A., 2007. Life on the Rocks (Mini-Review). *Environmental Microbiology*, 9 (7): 1613-1631.
- [67] Gueidan C. et Roux C., 2007. Néotypification, description et transfert dans le genre *Bagliettoa*. *Bull. Soc. Linn. Provence*, 58: 181-194.
- [68] Hafellner J., 1996. Bemerkenswerte Funde von Flechten und lichenicole Pilze auf makaronesischen Inseln IV. Einige bisher überschene lichenicole Arten der kanarischen Inseln. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.*, 17: 1-14.
- [69] Hawksworth D.L. 1973. Two new species of *Hypogymnia* (Nyl.) Nyl.. - *Lichenologist* 5: 452-456. Hawksworth D. L. & Diederich P. 1988: A synopsis of the genus *Polycoccum* (Dothideales) with a key to accepted species. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 90(2): 293-312.
- [70] Henssen A., 1963. Eine Revision der Flechtenfamilien Lichiraceae und Ephrebaceae. *Symb. Bot. Upsal.*, 18: 1-123.
- [71] Hue A., 1909. Lichens. *Actes Soc. Linn. Bordeaux* 58: 47-50.
- [72] Kinalioğlu K., 2005. Lichens of Giresun district, Giresun province, Turkey. *Turk J. Bot.*, 29 : 417-423.
- [73] Lindblom L., Ladstein M H., Blom H H., Ekman S et Timdal E., 2005. *Xanthoria aureola* in Norway and a key to the species of *Xanthoria* . str. in Scandinavia. *Graphis Scripta*, 17: 12-16.
- [74] Lisci M., Monte M and Pacini E., 2003. Lichens and higher plants on stone: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 51 (1): 1-17.
- [75] Loutz S. & Dinne K., 2000. Salissures et altérations des matériaux pierreux par les micro-organismes. *CSTC Magazine*, 2: 2-13.
- [76] Maheu J. et Werner R.G., 1934. Etude de la flore Cryptogamique du Maroc, II. – *Ann. Cryptog. Exot.* 7:173-194.
- [77] Maheu J., 1928. Contribution à la lichénographie du Rif (Maroc). *Cavanillesia*, 1(4-6): 53-69.
- [78] Maheu J. & Gillet A., 1924. Contributions à l'étude des Lichens du Maroc, I. *Bull. Soc. Sci. Nat Maroc*, 8(2): 279-289.
- [79] Maheu J. & Gillet A., 1925. Contributions à l'étude des Lichens du Maroc II . *Bull. Soc. Bot. France*, 72: 858-871.
- [80] Maheu J. & Werner R. G., 1933. Etude sur la flore Cryptogamique du Maroc, I. *Ann. Cryptog. Exot.* 6 : 226-257.
- [81] Maheu J. & Werner R. G., 1934. Etude de la flore Cryptogamique du Maroc, II. - *Ann. Cryptog. Exot.* 7: 173 - 194.
- [82] Maheu J et Werner R.G., 1935. Lichénographie catalane des laves d'olot (Espagne). Comparaison avec la flore calcaire du massif voisin du Puigsacalm. *Rev. Bryol. et lichénol.* 8 (3-4): 194-212.
- [83] Nash T.H., Ryan B.D., Gries C., Bugartz F., (eds.) 2001. *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region.*, Vol 1. Tempe, AZ
- [84] Nattah I. Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Badoc A., & Douira A., 2012a. Situation de *Teloschistes chrysophthalmus*, Ascomycota lichénisé, dans la forêt de la Mamora et la Réserve de Sidi Boughaba (Maroc). *Bull. Soc. Linn. Bordeaux*, Tome 147, nouv. série n° 40 (2) : 227-234.

- [85] Nattah I., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., El Kortbi M. & Douira A. 2012b. Lichens of the Hassan Tower Monument (Rabat, Morocco) Atlas Journal of Biology, 2 (1): 78–83.
- [86] Nattah I., Ouazzani Touhami A., Benkirane R. & Douira A. 2013. Étude de quelques lichens rencontrés dans la réserve de Sidi Boughaba, don't une espèce nouvelle pour la flore lichénique du Maroc: *Pyrenula macrocopa*. Journal of Animal & Plant Sciences, 18(3): 2802-2817.
- [87] Nimis P. L., Pinna D. et Salvadori O., 1992. Licheni e conservazione dei monumenti, Via Marsala 24 40126 Bologna, Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna, 165p (p.70).
- [88] Nimis P. L., Monte M. et Tretiach M., 1987. Flora e vegetazione lichenica di aree archeologiche del Lazio. Studia Geobotanica, 7: 3-161.
- [89] Nimis P. L. et Monte M., 1988. The lichen vegetation on the cathedral of Orvieto (Central Italy). Studia Geobotanica, 8: 77-88.
- [90] Ortega-Calvo J.J., Hernandez-Marine M. & Saiz-Jimenez C., 1991. Biodeterioration of building materials by cyanobacteria and algae. International Biodeterioration, 28: 165- 185.
- [91] Perrichet A., 1991. Développement de micro-organismes à la surface des bétons et enduits. Sycodès Informations, 11 : 19-24.
- [92] Roux, C., 1991: phytogéographie des lichens saxicoles-calciocoles d'Europe méditerranéenne. Bot. Chron 10: 163-178.
- [93] Roux C., Egea JM., 1992. L'Opegraphetum durieui Egea et Roux ass. Nov., Une association lichénique saxicole-calciocole, halophile. Cryptogamie, Bryol. Lichénol., 13(2): 105-116
- [94] Roux C., Coste C., Bricaud O., Masson D., 2006. Catalogue des lichens et des champignons lichénicoles de la région Languedoc – Roussillon (France méridionale). Bull. Soc. Linn Provence, 57: 85–200.
- [95] Seaward M., Capponi G et Giacobini C., 1989. Biodeterioramento da licheni in Puglia. In the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin (F. Zezza, ed): 243- 245.
- [96] Szatala, Ö. 1931. Lichens du Maroc recueillis par le baron G. Andreanszky en 1930. Magyar Bot.Lapok, 80: 115-126.
- [97] Taleb A., Bouhache M., El Mouhadi M., Baghdad B., Molina Ballesteros E et Inigo A. C., 2005. Flore nuisible aux monuments historiques du Maroc: Cas des villes de Rabat et salé. X congreso de la Sociedad Espanola de Malherbologica, 8p.
- [98] Tavares C. N., 1957. *Teloschistes bioreti* Des Abb. and the variation in *Anaptychia intricata* (Desf.) Mass. Portug. Acta Biol., 6(1): 44-52.
- [99] Tortelt G., 1965. Première liste des lichens de Tarfaya (Maroc). Rev. Bryol. Lichénol., 33: 597-606.
- [100] Torrente P. & Egea J. M., 1987. Prospecciones liquenológicas en Africa del Norte II. Liquenes calcicolos y epifitos del litoral Je Marruecos. Anales Biologia, 13 (Bliologia Vegetal. 3): 15-19.
- [101] Villar S. E. J, Edwards H. G., Seaward M. R., 2004. Lichen biodeterioration of ecclesiastical monuments in northern Spain. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 60:1229-1237.
- [102] Wakefield R. D. and Jones M. S., 1998. An introduction to stone colonizing micro-organisms and biodeterioration of building stone. Quarterly Journal of Engineering Geology, 31: 301-313.
- [103] Warcheid Th., Braams J., 2000. Biodeterioration of stone: a review. International Biodeterioration et biodegradation, 46 (4): 343-368.
- [104] Werner R.G. 1930. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. I -Bull. Soc. Sc. Nat. du Maroc, 10(1-6) : 98-105.
- [105] Werner R.G., 1931a. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. II -Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N., 22: 93-102.
- [106] Werner R.G., 1931b. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. III -Bull. Soc. Sc. Nat. du Maroc, 10(7-12) : 217-226.
- [107] Werner R.G., 1931c. Aperçu floristique sur les lichens du Maroc. Trav. Cryptogamiques dédiés à L. Mangin. Paris.
- [108] Werner R.G., 1932a. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. V. Cavanillesia, 5(5): 157-174.
- [109] Werner R.G., 1932b. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. VI -Bull. Soc. Sc. Nat. du Maroc Tome 12(4-6) : 156-163.
- [110] Werner R.G., 1932c. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc VII. Rev. Byrol. Et lichénol., 5 (4) : 210-228.
- [111] Werner, R.G., 1933. Etude phytogéographique comparée du Rif et du moyen Atlas. Rev. Géogr. Marocaine, 3-4 : 1-12.
- [112] Werner R.G., 1934. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc X. Bull. Soc. SC. Nat. du Maroc., 14: 147-155.
- [113] Werner R.G. 1934a. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc IX. Bull. Soc. Sc. Mycol. France, 50(1) : 138-144.
- [114] Werner R.G. 1934b. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc X. Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc, 14: 147-155.
- [115] Werner R.G., 1934c. Etude sur la végétation cryptogamique du Massif du Siroua (AntiAtlas). Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc, 14(7-8) : 214-235.
- [116] Werner R.G., 1934d. La végétation et la flore du Maroc. La végétation cryptogamique du Maroc.Assoc Avancem. Sciences. « la Science au Maroc » 1934 : 183-189.
- [117] Werner R.G., 1935. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc XI. Bull. Soc. Sc. Hist. Nat. Afri Nord. T 26 : 80-83.
- [118] Werner R.G., 1936a. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc XIII. Bull. Soc. Sci. Nat/ Maroc, 16(1) : 90-99.

- [119] Werner R.G., 1936b. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc XIV. Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc, 16(3) : 256-265.
- [120] Werner R.G., 1936c. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc XV. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N. 27(9) : 398-407.
- [121] Werner R.G., 1936d. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc XVI. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N. 16(4): 256-265.
- [122] Werner R.G., 1936e. Esquisse sur la répartition phytogéographique des lichens océaniques au Maroc. Pp. 401-412. In Livre Jubil. Dédié au prof. L. Daniel.
- [123] Werner R.G., 1937a. Recherches phytogéographiques comparées sur la flore cryptogamique de l'Espagne méridional et du Maroc. Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc, 17(1) : 32-56.
- [124] Werner R.G., 1937b. Essai de synthèse phytogéographique des cryptogames en montagne marocaine d'après nos connaissances actuelles. Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc, 17(2) : 99-126.
- [125] Werner R.G., 1938. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc XVII. Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc, 18(2): 126-135.
- [126] Werner R.G., 1939a. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc XVIII. Etude biogéographique et écologique sur la flore lichénique de la région de Tanger. Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc, 19(1): 40-53.
- [127] Werner R.G., 1939b. Aperçu phytogéographique sur la flore cryptogamique méditerranéenne de l'Afrique du Nord, l'endémisme et les caractères propre du Maroc, à l'Algérie et à la Tunisie. IV Congrès Féd. Soc. Sav. Afrique du Nord, 1: 219-244.
- [128] Werner R.G., 1939c. Übersicht über die derzeitiger bekannte kryptogamenflora Morokkos mit besonderer Berücksichtigung einiger interessanter Disjunktelemente. Veröff. Geobot. Inst. Rübel. Zürich, 14 : 217-221.
- [129] Werner R.G., 1948. Les origines de la flore cryptogamique du Maroc d'après nos connaissances actuelles. Pp. 147-202. In : Col. Jubil. Soc. Sci. Nat. Maroc, 1920-1945.
- [130] Werner R.G., 1949. Sur la vicariance de quelques espèces lichéniques méditerranéennes du genre Ramalina au Maroc. Actes 68 Congrès Assoc. Franc. Avanc. Sci. ClermontFerrand : 1-2.
- [131] Werner R.G., 1954. Lichens et champignons nordafricains. Rev. Bryol. Lich. 23(1-2): 197- 213.
- [132] Werner R.G., 1955. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. XIX. Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc, 35 : 19-67
- [133] Werner R.G., 1956. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. XX. Lichen de l'Anti-Atlas. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 47(3-4): 84-91.
- [134] Werner R.G., 1957. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. XXI. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N., 48(7-8): 441-453.
- [135] Werner R.G., 1959. Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. – XXII. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N., 50(3-4): 104- 113.
- [136] Werner R.G., 1962c. Essai d'une étude de la répartition des cryptogames marines et maritimes du Maroc. – Bull. Soc. Sci. Nat. et Phys. Maroc, 42: 1-33.
- [137] Werner R.G., 1963. Flore lichénique du Maroc méridional. Rev. Bryol. Lich., 32(1-4): 270-278.
- [138] Werner R.G., 1966. Lichenes et fungi maroccani I. Bull. Soc. Mycol. France, 82: 207-214.
- [139] Werner R.G., 1967. Lichenes et fungi maroccani II. – Bull. Soc. Mycol. France, 83(2): 242-256.
- [140] Werner R.G., 1968. Lichenes et fungi maroccani annis 1931-1935 a Cl. J. Gattefossé et M. Zaborski lecti. Rev. Bryol. Lichénol., 36:305-313.
- [141] Werner R.G., 1970. – Lichénologie du pré-rif méridional et de l'ancien détroit sud-rifain environnant. Bull. Acad. Et Soc. Lorraines Sci., 9(3):484-505.
- [142] Werner R.G., 1970a. Lichénologie du Pré Rif méridional et de l'ancien détroit sud-Rif environnant. Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci., 9(3):484-505..
- [143] Werner R.G., 1970b. La flore lichénique des chênes à liège et des cèdres. Bull. Soc. Mycol. France, 86 (4): 813-830.
- [144] Werner R.G., 1971. Lichens et champignons de la montagne marocaine. Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci., 10(2): 113-130.
- [145] Werner R.G., 1972. Lichens et champignons de la plaine marocaine. Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci., 10(2): 83-97
- [146] Werner R.G., 1974. Flore lichénologique du Moyen Atlas central. Bull. Soc. Mycol. France, 90(1):50-66.
- [147] Werner R.G., 1974b. Flore lichénologique du Moyen Atlas central. Bull. Soc. Mycol. France 90(1):50-66.
- [148] Werner R.G., 1975a . Lichens nouveaux pour le Maroc ou la science, avec un regard sur la Grèce. – Sci. Annals of the Sch. Of Agric. And Forestry. Vol. Roussopoulos: 1-15.
- [149] Werner R.G., 1976. Lichénoflore autour d'un lac marocain d'altitude. Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci., 15(3): 105-115.
- [150] Werner R.G., 1976b. Lichénoflore autour d'un lac marocain d'altitude. Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci. 15(3): 105-115.
- [151] Werner R.G., 1979. La flore lichénique de cordillère bético-Raine. Etude phytogéographique et écologique. Collet. Bot., 11: 401-463.
- [152] Wirth, V., 1995. Die Flechten Baden-Württembergs, Teil 1 and 2. Eugen Ulmer, Stuttgart, 1006 pp.



- [153] Zaouia N, ELwartiti M, Baghdad B .2005. "Superficial alteration and soluble salts in the calcarenite weathering. Case study of Almohade monuments in Rabat: Morocco." *Environ Geol* 48: 742-747
- [154] Zaouia N. 2007. Contribution à l'étude de l'altération de la calcarénite en œuvre dans les monuments de Rabat. Influence de la Pollution atmosphérique et des aérosols marins. Thèse de Doctorat, Université de Rabat. 143 pp.