

Étude de quelques Pucciniales liés aux plantes cultivées au Maroc

Mohammed Khouader, Rachid Benkirane, Amina Ouazzani Touhami & Allal Douira

Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, B.P. 133, Kénitra, Maroc.

Auteur correspondant : douiraallal@hotmail.com

Original submitted in on 17th September 2013 Published online at www.m.elewa.org on 30th December 2013.

RÉSUMÉ

Objectif : Le présent travail est une contribution à l'étude des champignons Pucciniales (Basidiomycètes) du Maroc.

Méthodologie et Résultats : Des prospections effectuées au Nord-ouest du Maroc ont permis de collecter une dizaine d'espèces de plantes *Allium sativum* (ail), *Cicer arietinum* (Pois Chiche), *Mentha viridis* (menthe), *Phaseolus vulgaris* (haricots) et *Saccharum officinarum* (la canne à sucre) infectées par des rouilles. Les différents symptômes observés ont été décrits au laboratoire et l'étude microscopique des spores ont permis d'identifier les pathogènes responsables de ces symptômes : *Puccinia allii*, *Uromyces ciceris-arietini*, *Puccinia menthae*, *Uromyces appendiculatus* et *Puccinia melanocephala*.

Conclusion et application de la recherche : Les résultats obtenus peuvent contribuer à connaître la diversification des hôtes des Pucciniales et la description d'autres espèces nouvelles pour la diversité fongique du Maroc.

Mots clés : Maroc, Plantes cultivées, Pucciniales, symptômes, description.

ABSTRACT

Study of some Pucciniales related to cultivated plants in Morocco.

Objective: The present work is a contribution to the study of Pucciniales fungi (Basidiomycetes) of Morocco.

Methodology and Results: Surveys conducted in the northwest of Morocco have collected a dozen species of plants *Allium sativum* (Garlic), *Cicer arietinum* (chickpea), *Mentha viridis* (spearmint), *Phaseolus vulgaris* (beans) and *Saccharum officinarum* (sugarcane) infected by rust. The different symptoms observed have been described in the laboratory and the microscopic study of spores have allowed the identification of pathogens responsible for these symptoms: *Puccinia allii*, *Uromyces ciceris-arietini*, *Puccinia menthae*, *Uromyces appendiculatus* and *Puccinia melanocephala*.

Conclusion and implementation of the research: The results obtained may help to know the diversification of Pucciniales hosts and the description of other new species for fungal diversity in Morocco.

Keywords: Morocco, cultivated plants, Pucciniales, symptoms, description.

INTRODUCTION

Les Pucciniales, considérés comme des parasites obligatoires des plantes, sont représentés par plus de 7000 espèces (Courtecuisse et Duhem, 2000; Kirk, 2005 ; Aime, 2006). Le genre *Puccinia*

comporte 4877 espèces (Kirk, 2005) très répandues dans toutes les régions du monde, dont 650 espèces sont pathogènes sur les Graminées (Abbasi, 1996) et les autres sont pathogènes sur les Liliacées, Ombellifères et Composées (Saveluscu, 1953). La plupart de ces espèces sont hétéroxènes, en particulier celles qui parasitent les Graminées (Saveluscu, 1953). Au Maroc, le genre *Puccinia* est représenté par 250 espèces (Khouader et al., 2012a et 2012b) qui parasitent différentes espèces végétales. Des prospections effectuées à Oued El Makhazine et Oued Loukkos près de la ville de Ksar

MATERIEL ET METHODES

Des prospections effectuées à Oued El Makhazine et Oued Loukkos près de la ville de Ksar El Kebir (Nord-ouest du Maroc), durant la période allant de 29 Mai 2010 jusque 04 Juillet 2011, ont permis de collecter une dizaine de plantes cultivées malades : *Allium sativum*, *Cicer arietinum*, *Mentha viridis*, *Phaseolus vulgaris* et *Saccharum officinarum*. Les symptômes sont observés sur différentes parties des ces espèces hôtes. La description des symptômes, sur les hôtes, a été effectuée par le biais de l'utilisation d'une loupe de poche ou d'une loupe binoculaire permettant de mieux visualiser les pustules observées sur les différentes parties des plantes cultivées. Pour étudier le champignon, un grattage a été effectué au niveau des pustules développées sur les feuilles, les tiges et les gousses des plantes hôtes. Des préparations ont été réalisées pour observer, grâce au microscope optique (X 400), les urédospores et surtout les téléospores, car c'est l'aspect de celles-ci qui

RESULTATS ET DISCUSSION

***Puccinia allii* Castagne & (DC.) Rud (1829) sur *Allium sativum* L., à Oued El Makhazine, près de la ville de Ksar El Kebir, récolte du 29 Mai 2010 :** *Allium sativum* (Fig. 1A) provient à l'origine d'Asie centrale. Il y a environ 10 000 ans, il s'est répandu progressivement en Extrême-Orient, en Arabie, en Égypte et dans le Bassin méditerranéen, transporté par les marchands au gré des routes commerciales (Bachmann, 2008). Le bulbe de cette plante est sans doute l'un des légumes les plus anciennement cultivés par l'homme qui l'utilisait autant pour son alimentation que pour sa santé. Cependant, l'ail cultivé, *Allium sativum*, ne dérive pas directement des espèces sauvages, mais plutôt d'une très lente évolution génétique issue d'un travail de sélection par l'homme. Son nom viendrait du mot celtique « all » qui signifie

El Kebir (Nord-ouest du Maroc), nous ont permis de récolter 05 plantes cultivées (*Allium sativum*, *Cicer arietinum*, *Mentha viridis*, *Phaseolus vulgaris*, et *Saccharum officinarum*) infectées par 05 espèces des champignons responsables des rouilles (*Puccinia allii*, *Uromyces ciceris-arietini*, *Puccinia menthae*, *Uromyces appendiculatus* et *Puccinia melanocephala*). Dans cette étude, les symptômes sur les hôtes ainsi que les caractères morphologiques et structuraux de ces cinq champignons sont discutés.

permet de déterminer le genre du champignon. Le liquide de montage est l'eau de robinet et parfois on ajoute à la préparation une goutte d'eau de Javel permettant l'éclaircissement de la paroi des spores. Les mesures des urédospores, des téléospores (au moins 50 spores) et du pédicelle ont été effectuées à l'aide d'un micromètre oculaire. La détermination des espèces responsables des rouilles a été effectuée grâce à la consultation de différentes clés de détermination et aux données bibliographiques relatives à des études ponctuelles en Mycologie et en Phytopathologie (Gonzalez Fragoso, 1918; Unamuno, 1940a et 1940b; Saveluscu, 1953; Guyot et Malençon, 1963; Bailey, 1979 ; Boyer de la Giroday et al., 1979; Gjaerum, 1983; Ryan et Egan, 1989; Pande et Rao, 1998 ; Hennen et al., 2005; Iqbal et al., 2008; Kelly et al., 2009; Glynn et al., 2010; Stuteville et al., 2010).

chaud, brûlant (Ouellet et al., 2010). Selon Ouellet et al. (2010), cette plante présente les propriétés suivantes:

- Elle n'est pas très exigeante vis à vis du type de sol. Néanmoins, il préfère les terres légères, sablonneuses, bien irriguées, de type argilo calcaire, peu caillouteuses, riches en matière organique et qui possèdent une bonne capacité à retenir les éléments nutritifs ainsi que l'humidité.
- Elle exige la présence dans le sol d'une large éventail d'éléments nutritifs disponibles tout au cours de la croissance. Le sol doit être amendé avec un compost mature bien équilibré en éléments majeurs (azote, phosphore et potassium).

La rouille de l'ail, provoquée par *Puccinia allii*, apparaît le long des nervures sur les feuilles sous forme de pustules orangées et noires. Cette rouille se développe principalement en mai. Une attaque sévère peut faire mourir les feuilles. Des pluies ou rosées fréquentes s'accompagnant de températures qui varient entre 18 et 22 °C sont propices à l'apparition de cette maladie, mais les températures plus basses stoppent son développement (Anonyme, 1994). La rouille attaque surtout les cultures denses et où la fumure est excessive (Anonyme, 1994). Les téléospores sont noirs, oblongs, anguleux, rarement arrondis, recouverts d'un épiderme, parallèles aux nervures, épars et confluent, se localisent au niveau des deux faces des feuilles vertes (Fig. 1B) et semi desséchées (Fig. 1C) et mesurent 0,5 à 1 mm en largeur et 2 à 3 mm en longueur. Les téléospores (56,60 µm en longueur et 20 µm en largeur) sont

bicellulaires, rugueuses, ellipsoïdes à oblongues, pédicellées, jaunes orangées et pourvues d'un pore germinatif. Les deux loges d'une téléospore sont légèrement étranglées en son milieu. La loge supérieure est pointue au sommet. La paroi est de couleur brun clair, lisse et épaisse (plus épaisse au sommet « 10 µm »). Le pédicelle est hyalin, mesure 1,65 à 4 µm en épaisseur et peut atteindre jusqu'à 20 µm en longueur (Fig. 1D). Les urédospores sont épiphyllés, circulaires, oblongs, rapprochés et confluent, de couleur jaune orangée, recouverts d'un épiderme et mesurent 0,5 à 2 mm en largeur et de 1 à 7 mm de longueur (Fig. 1B). Les urédospores (20 µm en largeur et 26,65 µm en longueur) sont jaune pâles, subglobuleuses à ovoïdes, verruqueuses-connexées et pourvues de 2 à 5 pores germinatifs. La paroi, 2,30 µm d'épaisseur, est colorée en brun (Fig. 1E).

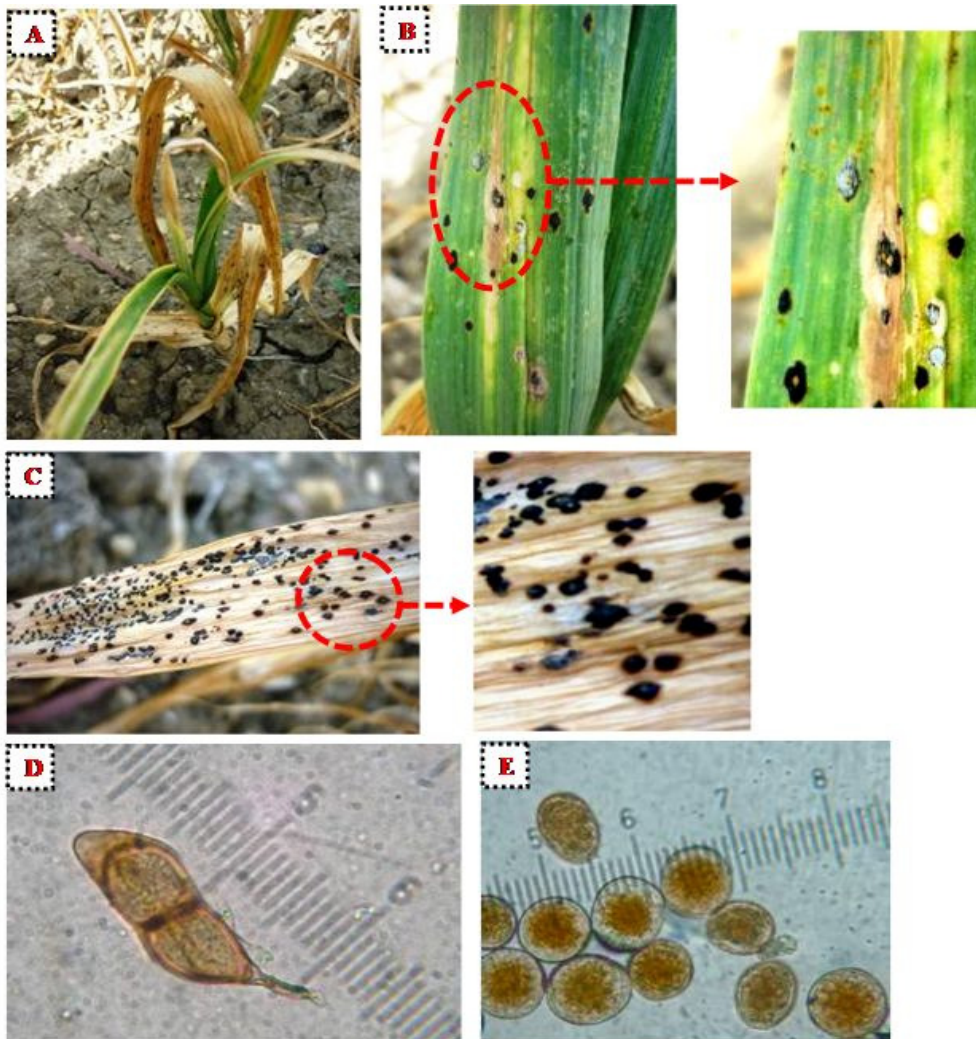


Fig. 1 : Aspect général d'*Allium sativum* (A). Symptômes (B et C), téléutospores (D) et urédospores (E) de *Puccinia allii* Castagne & (DC.) Rud (1829) prélevées à partir de *Allium sativum* (L.). Liquide de montage : l'eau de robinet javellisée. Grossissement : x400.

Puccinia allii est une rouille autoïque et macrocyclique dont les pycnides, écidies, urédies, télies et basides ont été observées sur un seul hôte (Anikster et al., 2004). La position taxinomique de *Puccinia allii* est en discussion en raison à la variation de la gamme d'hôtes, des caractères morphologiques et de séquence d'ADN de ses isolats (Metcalf et Napier, 2002 ; Anikster et al., 2004; Lupien et al., 2004). Au Maroc, *Puccinia allii* a été rencontré sur *Allium* sp. (Unamuno, 1940a), *Allium roseum* dans les plantations d'*Acacia* et d'*Eucalyptus* à El Jadida (Guyot et Malençon, 1963), *Allium album*, *A. ampeloprasum*, *A. cepa*, *A. paniculatum*, *A. roseum*, *A. sativum*, *A. sphaerocephalum*, *A. vineale* (Rieuf, 1970), *Eudartluca caricis*, *Satureja villosa*, *Satureja* sp., *S. vulgaris* et *S. grandiflora* var. *baborensis* (Rieuf, 1971). Ce champignon n'a jamais été signalé auparavant au Maroc atlantique nord sur *Allium sativum*. A l'échelle mondiale, *Puccinia allii* a été rencontré sur plusieurs espèces appartenant au genre *Allium* comme: *Allium angulosum* en Pologne (Mulencko et al., 2008), *A. sativum* en Brésil (Hennen et al., 2005), *A. pyrenaicum* en Espagne (Gonzalez Fragoso, 1918) et *A. nutans* en Chine (Zhuang, 2005). ***Puccinia melanocephala* Syd., sur *Saccharum officinarum*, dans un champ de la canne à sucre près de la ville de Ksar El Kebir, récolte du 30 Juillet 2011 :** La Canne à sucre est cultivée dans la Basse-Moulouya, le périmètre du Gharb et du Loukkos; elle occupe une superficie d'environ 17 500 hectares répartis dans ces deux dernières zones de culture (Taleb et al., 1997; Mrhari et al., 2005). La canne à sucre, (Fig. 2A), est une plante pérenne de la famille des graminées qui est cultivée pour la production de sucre qu'elle accumule dans ses tiges. Au Maroc, elle a été introduite et cultivée à une échelle industrielle à la fin du 9^{ème} siècle lors des conquêtes arabes, principalement dans la vallée du

sous où elle a été très prospère et très rentable (Berthier, 1966). *Puccinia melanocephala* développe des pustules sur la face supérieure des feuilles encore vertes du support, marron foncés, sous formes des stries parallèles aux nervures oblongues, rapprochés, confluent, recouverts par un épiderme puis éclatés, pulvérulents, forment un amas volumineux de 1,7 cm en longueur et de 3 à 5 mm en largeur. Les sores isolés mesurent 2 à 5 mm en longueur et 0,5 à 1 mm en largeur (Fig. 2B et 2C). Les urédospores, mesurent de 28,30 à 34,96 µm de longueur et de 19,98 à 26,65 µm de largeur, sont finement verruqueuses, densément échinulées, polymorphes (ovoïdes, ellipsoïdes, arrondies, subsphériques, oblongues, naviculaires), de couleur orangée brune, pourvues de 1 à 2 pores germinatifs qui sont nettement plus importants (la plupart des urédospores possèdent 2 pores germinatifs) et pourvues de 1 à 3 guttules arrondies et jaunâtres (Fig. 3B à 3G). La paroi, mesure 1 à 2 µm d'épaisseur (généralement égale), est échinulée et de teinte brune. Dans le cas de notre récolte marocaine, il survient le plus souvent chez ce champignon que les sores sont exclusivement urédosporifères, même dans les fructifications âgées des feuilles desséchées de l'année précédente. Les urédospores, formées sur les feuilles de *Saccharum officinarum*, peuvent initier une épidémie au niveau des parcelles de la canne à sucre si les conditions sont favorables. Cependant, les téléutospores n'ont pas été observées. *Puccinia melanocephala* diffère de *Puccinia kuehnii*, par la présence des urédospores présentant un épaississement apical qui est présent chez le second et fait défaut chez le premier. Au Maroc, *Puccinia melanocephala* n'a jamais été signalé auparavant ni sur la canne à sucre, ni sur d'autres plantes hôtes.

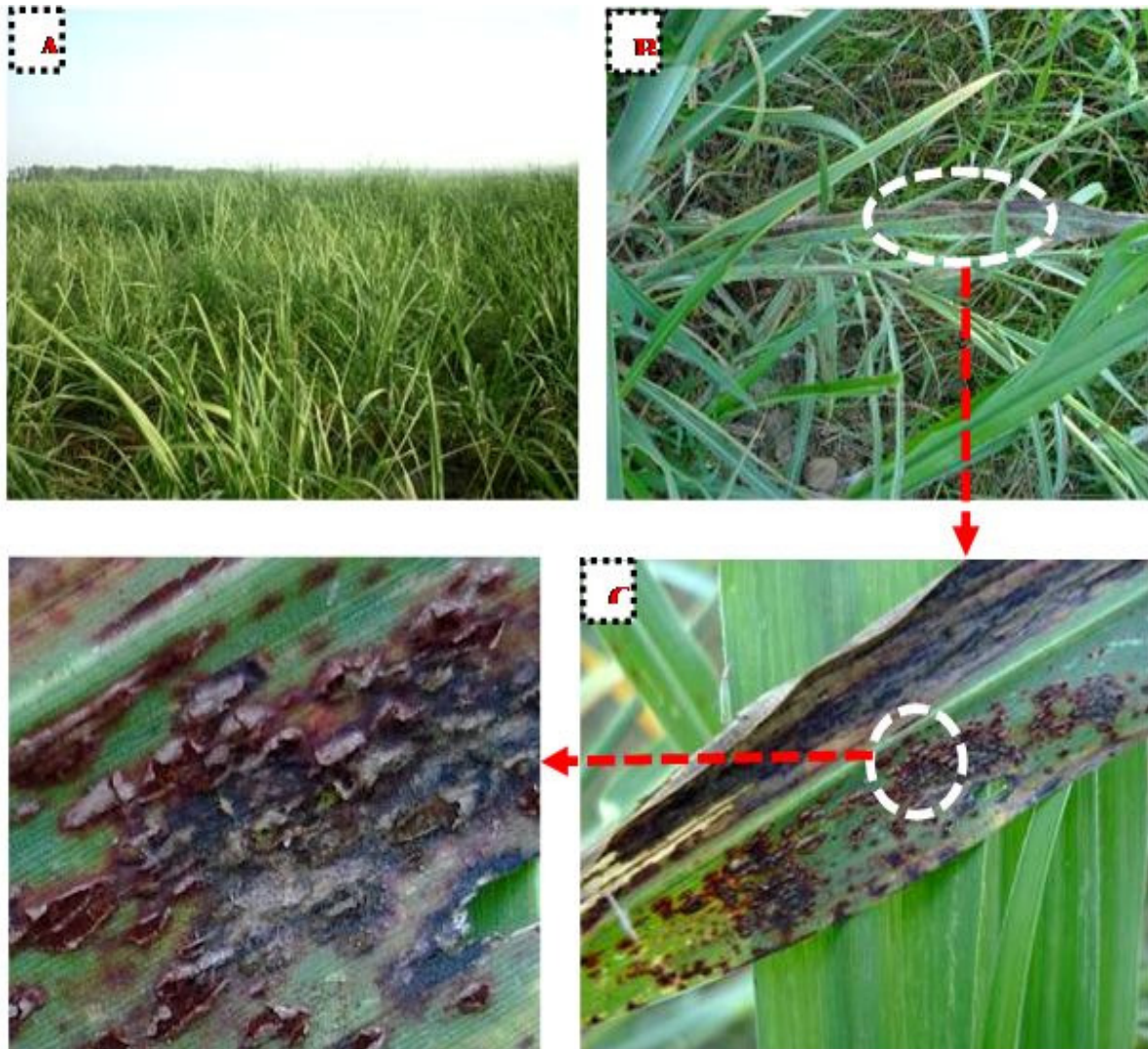


Fig. 2 : Aspect général d'un champ de la Canne à sucre (A) et des urédospores (B et C) de *Puccinia melanocephala* Syd. & P. Syd (1907) sur *Saccharum officinarum* (L.).

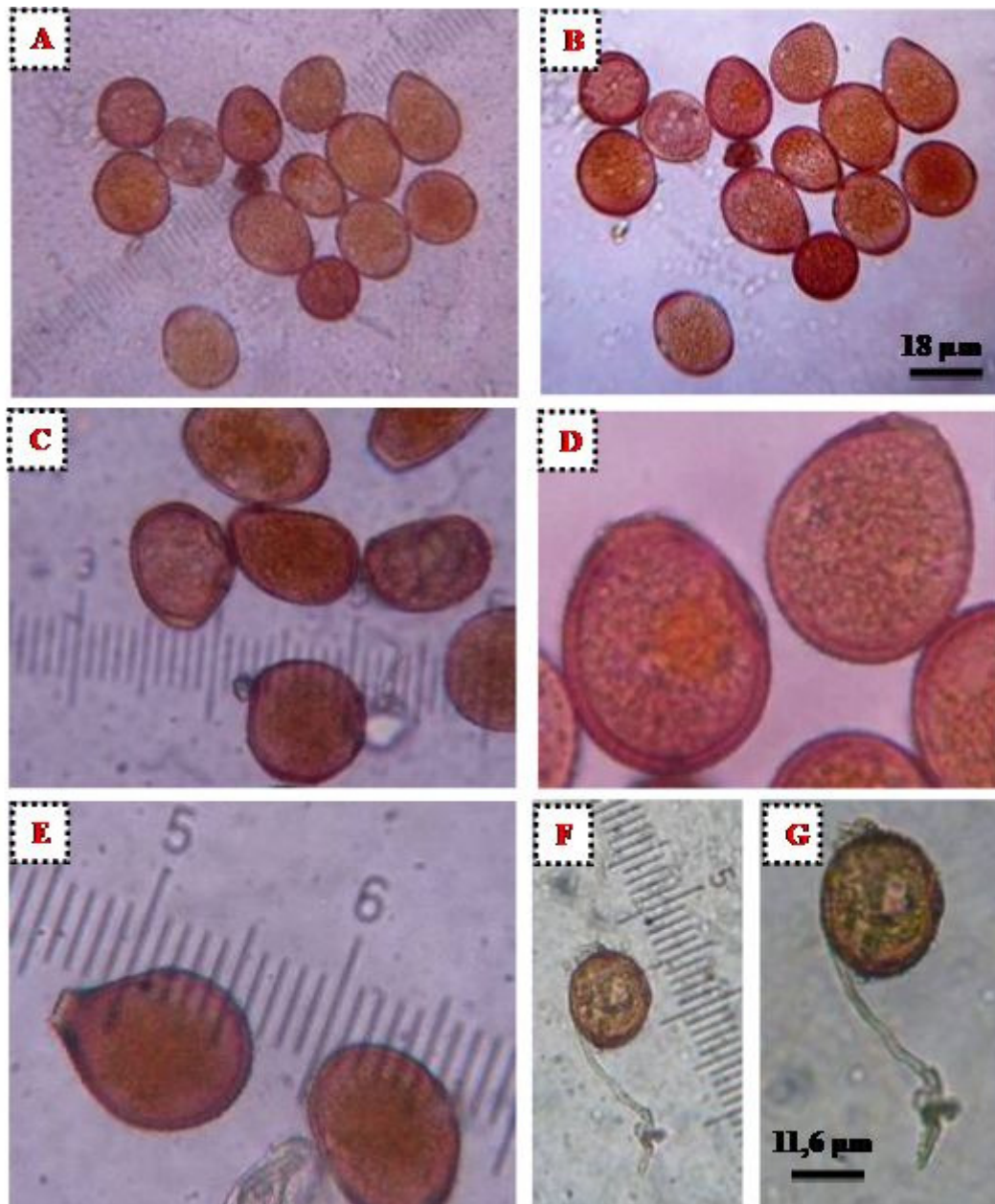


Fig. 3 : Urédospores (A à E) et urédospores en germination (F et G) de *Puccinia melanocephala* Syd. & P. Syd (1907) prélevées à partir de *Saccharum officinarum* (L.). Liquide de montage : l'eau de robinet javellisée. Grossissement : x400.

P. melanocephala, agent causal de la rouille commune de la canne à sucre, Cause des pertes de rendement directs et des coûts économiques indirects dans diverses cultures de la canne à sucre du monde (Ryan et Egan, 1989). La manifestation de cette rouille exige un climat chaud et humide (Boyer de la Giroday et al., 1979) et paraît induire des dégâts, plus particulièrement en

altitude, sur les variétés sensibles de la canne à sucre (Bailey, 1979). La forme de reproduction observée est le stade II de la maladie. A l'échelle mondiale, *Puccinia melanocephala* a été signalée sur *Saccharum* sp. en Afrique du Sud, Hawaï, Floride et la Louisiane (Koike, 1980; Comstock et al., 1982; Purdy et al., 1985; Comstock et Shine, 1992; Dixon et al., 2010), sur

Saccharum spontaneum au Pakistan (Iqbal et al., 2008) et sur *S. officinarum* dans plusieurs pays comme l'Australie, le Brésil, l'Éthiopie et Uganda (Gjaerum, 1983; Kelly et al., 2009; Glynn et al., 2010).

***Puccinia menthae* Pers. (1801) sur *Mentha viridis* Oil dans les champs avoisinant Oued Loukkos près de la ville de Kassar El Kebir, récolte du 27 Mai 2011 :**

Mentha viridis, herbacée vivace de la famille de Labiées, est l'une des plantes médicinales les plus célèbres. Elle aurait des vertus digestives, carminatives, antiseptiques, toniques et stimulantes. Elle participerait à l'équilibre digestif et améliorerait le tonus général. Elle est originaire de la méditerranée. Elle a été connue depuis longtemps au Maroc pour l'aromatisation du thé. Sa culture est localisée dans les ceintures vertes des villes qui donnent aux cultivars leur nom vernaculaire: " menthe de Tiznit ", " menthe de Meknès ", " menthe de Brouj" etc. La culture est pratiquée partout au Maroc, sur de petites parcelles presque au niveau de toutes les exploitations agricoles (pour l'autoconsommation); on la trouve partout (Bamouh, 2008). La menthe est cultivée dans tous les types de sol y compris le «Tirs», surtout aux environs de Berrechid et d'Oulad Saïd sur des terrains plats présentant un sol argileux, fertile, dépourvu de cailloux et à forte rétention en eau. De même, l'eau dans ces régions est douce, abondante et accessible grâce à des puits qui ont en général 20 à 30 mètres de profondeur. Le sol «Bayad» est un sol blanchâtre, calcaire, généralement caillouteux, mais les producteurs font l'épierrage avant l'installation de la menthe. On le rencontre aux environs de Ben Ahmed, Guisser et El Brouj. Les 3 autres types de sol (Hrach, Rmel, Hamri) représentent environ le quart des situations dans cette enquête. Mais, il est clair que la menthe s'adapte aux différents sols existant dans la province, pourvu que l'eau douce soit disponible (Bamouh, 2008). *Puccinia menthae* développe des sores

urédosporifères, de couleur marron chocolat, épars, parfois subconfluents, recouverts d'un épiderme blanchâtre et se remarquent au niveau des feuilles et la tige. Les urédospores qui se développent sur la tige sont oblongs et comptent 0,5 à 2,5 mm de longueur et de 0,5 à 1 mm de largeur, mais ceux qui se trouvent sur les feuilles sont arrondis, occupent les espaces internervures et mesurent 0,25 à 1,5 mm de diamètre (Fig. 4A et 4B). Les urédospores (mesurent 28,30 µm en longueur et larges de 13,32 µm) sont rugueuses, échinulées, globuleuses, ellipsoïdes, oblongues, de couleur verte d'olivier à brunâtre. La paroi est pourvue de 1 à 2 pores germinatifs latéraux, réticulée et mesure 1,65 µm d'épaisseur. Les urédospores globuleuses mesurent de 15,30 à 23,30 µm d'épaisseur (Fig. 5A à 5D). *Puccinia menthae* est une rouille autoïque et macrocycloïque (Baxter et Cummins, 1953; Edwards et al., 1998; Van Der Merwer et al., 2007). Cette rouille n'a jamais été signalée auparavant sur *Mentha viridis* (hôte nouvel) dans le Maroc. Au Maroc, *Puccinia menthae* Pers. (1801) a été rencontrée sur *Mentha rotundifolia* au lieu frais près d'Idni sur la route du Tizi n'Test (Haut Atlas), *Satureja calamintha subsp. ascendes* dans la pelouse au bord d'un oued, à 5 Km sous Taddert (Haut Atlas), *S. vulgaris*, en lisière de chênaie, au bas du Bou-Jirirt sur la route Ifrane-Azrou, à 6 Km d'Ifrane et *Asperula hirsuta* au Km 11 sur la route Ifrane-Boulmane (Moyen Atlas) (Guyot et Malençon, 1963). Sur *Mentha longifolia*, *M. piperita*, *M. rotundifolia*, *M. sativa*, *Satureja atlantica*, *S. calmintha* ssp. *ascendens*, *S. calmintha* var. *calminthoide*, *S. grandiflora* var. *baborensis*, *S. rotundifolia*, *Satureja* sp., *S. vulgaris* et *S. vulgaris* ssp. *villosa* (Rieuf, 1970), sur *Eudarlucu caricis*, *Satureja atlantica*, *S. calamintha* var. *calaminthoides*, *S. cheterotrich* et *S. rotundifolia* (Rieuf, 1971) et *Mentha sativa* (Unamuno, 1940a).



Fig. 4 : Urédospores de *Puccinia Menthae* Pers. (1801) sur une feuille (A) et la tige (B) de *Menthae viridis*.

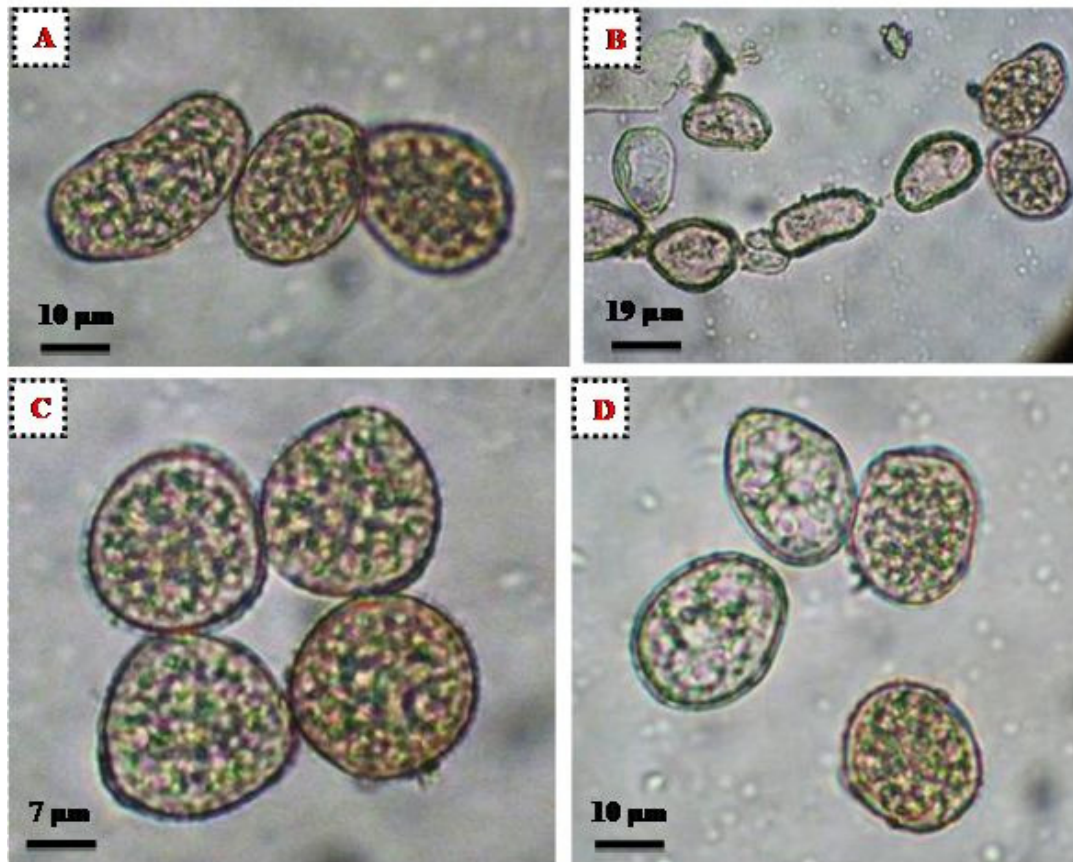


Fig. 5 : Urédospores (A à D) de *Puccinia Menthae* Pers. (1801) prélevées à partir de *Menthae viridis*. Liquide de montage : l'eau de robinet javellisée. Grossissement : x400.

***Uromyces appendiculatus* (Pers.) Link. (1833) sur *Phaseolus vulgaris* L., à Oued El Makhazine près de la ville de Ksar El Kebir, récolte du 29 Mai 2011.** : Les symptômes de *Uromyces appendiculatus* peuvent se produire sur la plupart des parties aériennes des plantes de *Phaseolus vulgaris*, mais ils sont plus souvent observés sur les feuilles (Fig. 6A à 6C). Ces symptômes surviennent également sur les gousses (Fig. 6D). Les symptômes les plus fréquemment observés sont des pustules de couleur rouille qui sont des urédospores contenant les urédospores. Ces urédospores sont pulvérulents, sphériques, oblongs, épars et confluentes, marrons foncés, se localisent dans les espaces internervures des feuilles vertes et semi desséchées et mesurent 0,25 à 1 mm de diamètre. Les urédospores (mesurent 26,65 µm de longueur et 19,95 µm de largeur), réticulées, rugueuses, arrondies et brunâtres, pourvues d'un à deux pores germinatifs (rarement trois pores germinatifs), uniguttulées, biguttulées et triguttulées (dans la plupart des cas uniguttulées) (Fig. 6E à 6G). Les

urédospores sont le type le plus couramment observé des spores d'*Uromyces appendiculatus*. Quelques urédospores sont observées en phase de germination (Fig. 6H). *Uromyces appendiculatus*, rencontré sur *Phaseolus vulgaris*, est une rouille autoïque (Harter & Zaumeyer, 1941) et macrocyclique produisant plusieurs types de spores incluant les urédospores, téliosporas, basidiosporas, pycnidiosporas et écidiosporas (Savulescu, 1953). *U. appendiculatus* a une large distribution dans la plupart des régions du monde (donc espèce cosmopolite) et plus particulièrement dans les endroits où les conditions climatiques sont favorables. Il se produit rarement dans des conditions sèches sous climats arides. Les conditions idéales pour cette rouille sont les zones fraîches à des températures modérées (17-22 °C) qui alternent avec une humidité élevée (> 95%). Ces conditions favorisent également la dispersion des spores (Harter et al., 1935; Stavely et Pastor-Corrales, 1989). Les périodes de rosée favorisent à la fois l'infection de *Phaseolus vulgaris* par *Uromyces*

appendiculatus et la progression de la maladie. La résistance de cette plante hôte est la stratégie la plus efficace pour lutter contre *U. appendiculatus*. Cette résistance est contrôlée par une série de plusieurs gènes

qui sont uniques et dominantes (Kelly et al., 1996; Miklas et al., 2006). Au Maroc, *U. appendiculatus* a été signalé sur *P. vulgaris* à Ceuta (Unamuno, 1940a et 1940b; Rieuf, 1970 et 1971).

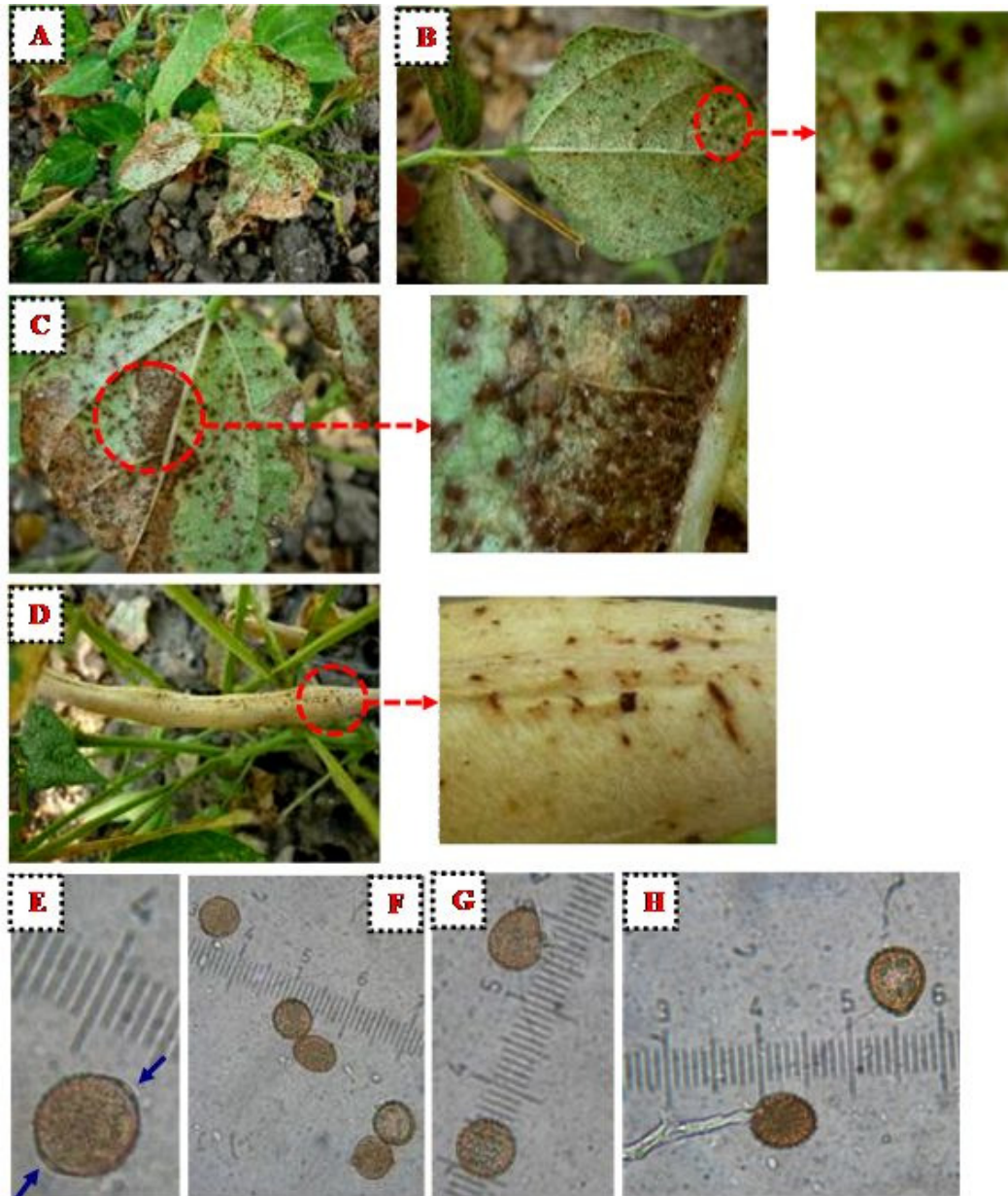


Fig. 6: Symptômes d'*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Link. (1833) prélevées à partir des feuilles (A à C) et les gousses (D) de *Phaseolus vulgaris* L.; Urédospores (E à G) et une urédospore en germination (H). Les pores germinatifs (flèches). Liquide de montage: l'eau de robinet javellisée. Grossissement: x400.

U. appendiculatus a été rencontré pour la première fois dans le Maroc atlantique nord (nord-ouest du Maroc) sur *P.vulgaris*. La récolte de cette rouille dans le nord-ouest

du Maroc permet d'élargir son aire de répartition géographique.

***Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd (1894) sur *Cicer arietinum* L., 1753 à Oued El Makhazine près de la ville de Ksar El Kebir, récolte du 04 Juillet 2011** : Le Pois chiche (*Cicer arietinum*) est, après le soja et le pois, la troisième plus importante des cultures de légumineuses à grains dans le monde (Dixon et Paiva, 1995; Armero, 1996). Cette plante est originaire de Syrie, du Sud-Est de la Turquie et autour du Bassin méditerranéen, et constitue une légumineuse très importante du Nord d'Afrique (Nene, 1982; Van Der Maessen, 1987). *Cicer arietinum* est capable de pousser dans des sols pauvres et peut donc être cultivée sur des terres marginales, où, en raison de sa capacité à fixer l'azote, elle améliore la fertilité du sol (Saxena, 1988). *Cicer arietinum* occupe plus de 10 millions d'hectares des terres cultivées dans le monde, avec une production totale d'environ 7 millions de tonnes et un rendement moyen de 700 kg / ha (Saxena et al., 1984; Saxena, 1990). Les faibles rendements sont étroitement liés aux différents facteurs, dont les attaques d'une rouille causée par *Uromyces ciceris-arietini* (Porta-Puglia et al., 1994). *U. ciceris-arietini* développe des sores qui se remarquent sur les gousses et la face inférieure des feuilles encore verte de *Cicer arietinum* (Fig. 7A à 7C). Ces sores

(mesurent 0,2 à 1 mm de diamètre) sont arrondis ou ovales, épars, parfois confluents, pulvérulents donc éclatés et entourés par les débris blanchâtres de l'épiderme. Les urédospores sont rugueuses, échinulées, de couleur brunâtre, subglobuleuses ou ovoïdes et mesurent de 18,65 à 25,30 μm en longueur et 13,5 à 18 μm en largeur. La paroi est épaisse (2 μm) et percée de 3 à 5 pores germinatifs épars (Fig. 8A). Les téléospores sont unicellulaires, pédicellées, ellipsoïdes, possèdent une couleur marron et mesurent en moyenne 21,65 μm en longueur et 15 μm en largeur. La paroi est épaisse (2,65 μm) et trouée d'un seul pore germinatif apical. Le pédicelle est hyalin, épais (4 μm) et court (8,35 μm) (Fig. 8B). *Uromyces ciceris-arietini* possède une gamme d'hôtes assez large, de sorte que ce champignon peut attaquer les espèces des genres *Cicer*, *Vicia*, *Medicago* et *Millotus* (Stuteville et al., 2010; Pande et Rao, 1998). Le champignon est autoïque et macrocyclique (Anonyme, 1992; Stevenson, 1926). *Cicer arietinum* est un hôte nouvel pour *Uromyces ciceris-arietini* dans le Maroc atlantique nord (Oued El Makhazine). Les formes de reproduction observées sont les stades II et III de la maladie.

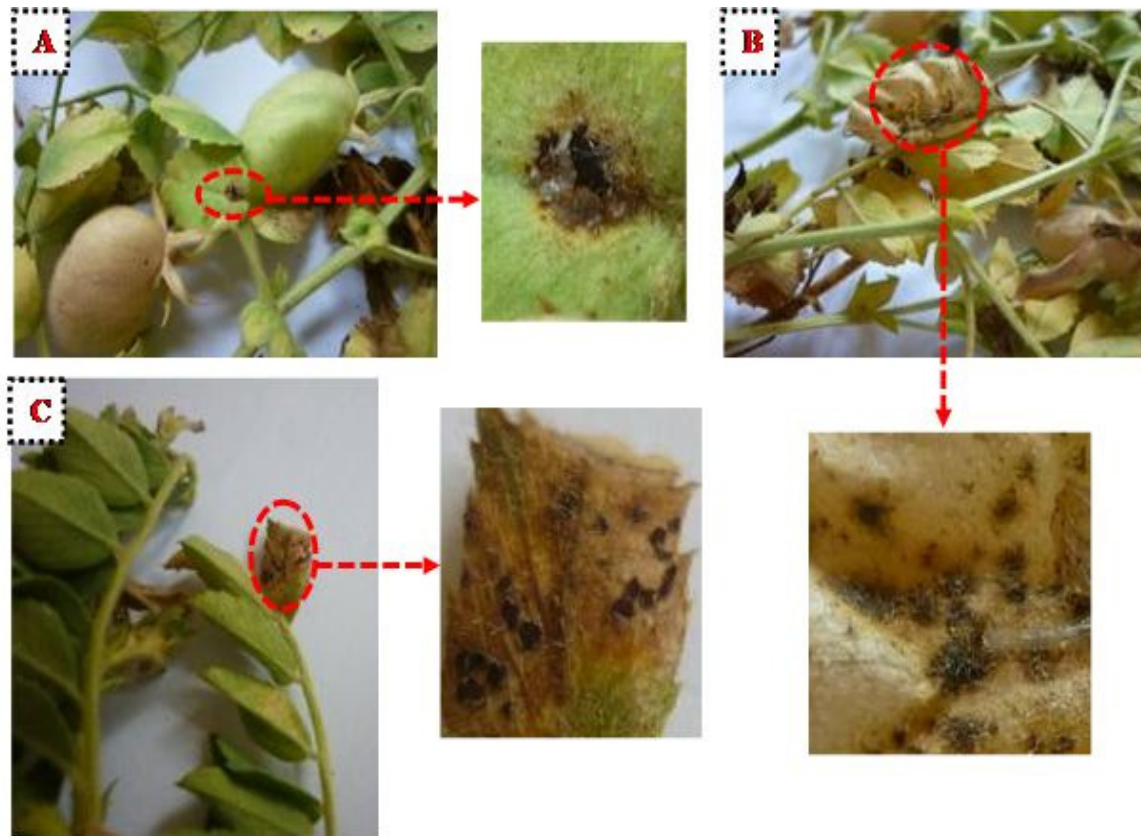


Fig. 7 : Symptômes d'*Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd (1894) sur les gousses (B) et les feuilles (A et C) de *Cicer arietinum* L., 1753.

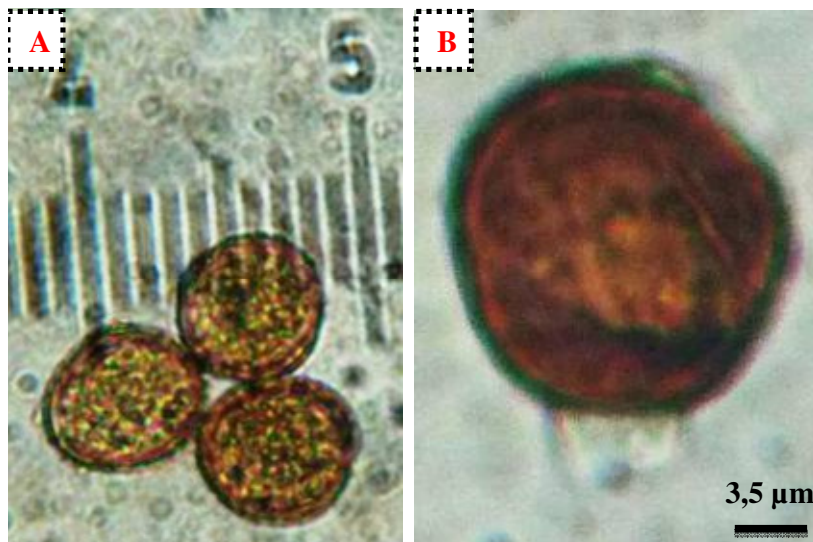


Fig. 8 : Urédospores (A) et téleutospore (B) d'*Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd (1894). Liquide de montage : l'eau de robinet javellisée. Grossissement : x400.

Au Maroc, *Uromyces ciceris-arietini* a été mentionnée sur *Cicer arietinum* dans le Port-Lyautey (sans description ni des symptômes ni des structures morphologiques et structurales de cette rouille) (El Assfour et al., 2003; Maire et Werner, 1937). Rieuf (1970) n'a que signalé ce champignon sur *Cicer arietinum*, mais sans faire la description des spores et sans signaler la localité de la

récolte. Donc, ce champignon est décrit pour la première fois au Maroc. A l'échelle mondiale, *Uromyces ciceris-arietini* a été rencontrée en Afrique (Kenya et Lybie), Asie (Inde et Pakistan), Europe, Amérique du nord et Amérique du sud (Guyot, 1957; Jostard, 1958; Punithalingam, 1968).

CONCLUSION

L'étude de Cinq espèces de champignons responsables des rouilles, rencontrées sur cinq plantes cultivées, a permis de déduire que:

* *Puccinia melanocephala* est rencontrée pour la première fois au Maroc sur *Saccharum officinarum*. Les urédospores, formées sur les feuilles, peuvent initier une épidémie au niveau des parcelles de la canne à sucre si les conditions sont favorables.

* *Uromyces ciceris-arietini* est décrite pour la première fois au Maroc sur *Cicer arietinum*.

* *Mentha viridis* est un hôte nouvel, au Maroc, pour *Puccinia menthae*.

* *Allium sativum* et *Phaseolus vulgaris* sont deux hôtes nouveaux, dans le Maroc atlantique nord (nord-ouest du Maroc), pour *Puccinia allii* et *Uromyces appendiculatus*.

RÉFÉRENCES

- Abbasi M., 1996. Contribution to the knowledge of *Puccinia* species in Iran. Iran. J. Plant Path., 32: 244-267.
- Aime M.C., 2006. Toward resolving family-level relationships in rust fungi (Uredinales). Mycoscience, 47: 112-122.
- Anikster Y., Szabo L.J., Eilam T., Manisterski J., Koike S.T., & Bushnell W.R., 2004. Morphology, life cycle biology and DNA sequence analysis of rust fungi on garlic and chives from California. Phytopathology 94: 569-577.
- Anonyme, 1992. Commonwealth Mycological Institute (CMI). Distribution of *Uromyces ciceris arietini* (Gogn.) Jacz. CMI Map, 4th. Edition, 235 p.
- Anonyme, 1994. Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes. Norme OEPP PP 2/1(1) Directive sur la bonne pratique phytosanitaire: principes de bonne pratique phytosanitaire. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 24, 233-240.
- Armero J., 1996. *Isoflavonoids y Compuestos Relacionados de Garbanzo: Inducción y Funciones*. Córdoba, Spain : University of Córdoba, PhD Thesis. Plant Science 161, 791-798.
- Bachmann J., 2008. Garlic Organic Production, National Center for Appropriate Technology, une publication d'ATTRA, États-Unis. [En ligne] www.attra.ncat.org.
- Bailey R.A., 1979. Sugarcane rust in South Africa. Sugarcane pathologists Newsletter 22, 12-13.
- Bamouh A., 2008. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime. Conduite technique de la Menthe. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA), Rabat, Maroc. N° 167, 6p.
- Baxter J.W., & Cummins G.B., 1953. Physiological specialization in *Puccinia menthae* Pers., and notes on epiphytology. *Phytopathology* 43: 178-180.
- Berthier P., 1966. Un épisode de l'histoire de la canne à sucre. Les anciennes sucreries du Maroc et leurs réseaux hydrauliques. Thèse de Doctorat d'état es Lettres, Université Mohamed V , Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Rabat, 2 vol., 349 p.
- Boyer De La Giroday E., Chatenet M., & Baudin P., 1979. Rouilles de la Canne à sucre et de quelques graminées à la réunion. Extrait de L'Agronomie Tropicale XXXIV, 4: 372-376.
- Comstock J.C., & Shine Jr.J.M., 1992. Effect of rust on sugarcane growth and biomass. Pl. Dis. 76: 175-177.
- Comstock J.C., Tew T.L., & Ferreira S.A., 1982. Sugarcane rust in Hawaii. Pl. Dis. 66: 1193-1194.
- Courtecuisse R., & Duhem B., 2000. Guide des champignons de France et d'Europe: 2^{ème} édition. Delachaux et Niestlé, Paris, 476p.
- Dixon R.A. & Paiva N.L., 1995. Stress induced phenylpropanoid metabolism. Plant Cell 7, 1085-1097.

- Dixon L.J., Castlebury L. A., Aime M.C., Glynn N.C., & Comstock J.C., 2010. Phylogenetic relationships of sugarcane rust fungi. *Mycol. Progr.* 9: 459-468.
- Edwards J., Parbey D.G., Halloran G.M., & Taylor P.A., 1998. Assessment of infection and sporulation processes of *Puccinia menthae* on peppermint in controlled conditions. *Australian Journal of Agricultural Research* 49: 1125-1132.
- El Assfour A., Ouazzani Touhami A., Zidane L., Fennane M., & Douira A., 2003. Inventaire des spécimens fongiques de l'Herbier national de l'Institut Scientifique de Rabat. Document de l'institut Scientifique, Section Sciences de la vie, n° 25, 1-23.
- Gjaerum H.B., 1983. East African rusts (Uredinales), mainly from Uganda 1. On Poaceae. *Mycotaxon* 18: 209-234.
- Glynn N.C., Dixon L.J., Castlebury L.A., Szabo L.J., & Comstock J.C., 2010. PCR assays for the sugarcane rust pathogens *Puccinia kuehnii* and *P. melanocephala* and detection of a SNP associated with geographical distribution in *P. kuehnii*. *Pl. Pathol.* 59: 703-711.
- Gonzalez Fragoso R., 1918. La roya de los vegetales. Enumeracion y distribucion geografica de los Uredales. Conocidos hasta hoy en la Peninsula Iberica e Islas Baleares. *Trab. Mus. Nac. Ci. Nat., Ser. Bot.* 15: 1-267.
- Guyot A.L., 1957. Les Rouilles des Légumineuses Fourragères et Spontanées. Editions Paul Lechevalier, Paris, 647 p.
- Guyot A.L., & Malençon G., 1963. Uredinés du Maroc II. *Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien Série botanique n° 28.* Rabat, 153p.
- Harter L.L., Andrus C.F., & Zaumeyer W.J., 1935. Studies on bean rust caused by *Uromyces phaseoli typica*. *J. Agric. Res.* 50:737-759.
- Harter L.L., & Zaumeyer W.J., 1941. Differentiation of physiologic races of *Uromyces phaseoli typica* on bean. *J. Agric. Res.* 62:717-731.
- Hennen J.F., Figueiredo M.B., de Carvalho A.A.Jr., & Hennen P.G., 2005. Catalogue of the species of plant rust fungi (Uredinales) of Brazil. *Unknown journal or publisher*, 490 p.
- Iqbal S.H., Khalid A.N., Afshan N.S., & Niazi A.R., 2008. Rust fungi on *Saccharum* species from Pakistan. *Mycotaxon* 106: 219-226.
- Jorstad I., 1958. Uredinales of the Canary Islands. *Skr. Norske Vidensk.-Akad. Oslo, Mat.-Naturvidensk. Kl. 2:* 1-182.
- Kelly J.D., Stavely J.R., & Miklas P.N., 1996. Proposed symbols for rust resistance genes. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 39:25-31.
- Kelly P.L., Reeder R. & Tafesse A., 2009. First confirmed report of sugarcane common rust (*Puccinia melanocephala*) in Ethiopia. *New Disease Reports:* 1.
- Khouader M., Bammi J., Benkirane R., Ouazzani Touhami A., & Douira A., 2012a. Bibliographic Inventory of Uredinales of Morocco. *Journal of Animal & Plant Sciences.* Vol. 14, Issue 1: 1873-1911.
- Khouader M., Bammi J., Benkirane R., Ouazzani Touhami A., & Douira A., 2012b. Bibliographic inventory of Smuts of Morocco. *Journal of Animal & Plant Sciences.* Vol. 14, Issue 3: 2024-2034.
- Kirk P., 2005. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi, 9th Edition, www.indexfungorum.org.
- Koike H., 1980. Rust of sugarcane in Louisiana: a first report. *Pl. Dis.* 64: 226.
- Lupien S.L., Hellier B.C., & Dugan F.M., 2004. First report of onion rust caused by *Puccinia allii* on *Allium pskemense* and *A. altaicum*. *Plant Disease* 88: 83.
- Maire R., & Werner G., 1937. Catalogue raisonné des champignons connus jusqu'ici au Maroc. *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 45 : 1-148.
- Metcalf D.A., & Napier T., 2002. Host range of Tasmanian strains of onion rust. *Proceedings of Onions Conference, National Vegetable Industry Centre, Yanco Agricultural Institute, Australia:* 69-72.
- Miklas P.N., Kelly J.D., Beebe S.E., & Blair M.W., 2006. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical to MAS breeding. *Euphytica* 147:105-131.
- Mrhari A., Badoc A., & Douira A., 2005. Résistance en champ de dix variétés de Canne à sucre vis-à-vis d'*Ustilago scitaminea*. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 144, 71-78.
- Mulenko W., Majewski T., & Ruskiewicz-Michalska M., 2008. A Preliminary Checklist of Micromycetes in Poland. *W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences* 9: 752.
- Nene Y.L., 1982. Review of Ascochyta blight of chickpea. *Tropical Pest Management* 28, 61-70.

- Ouellet C., Beaudoin G., Dufresne C., Beauregard G., Rioux A., Fontaine L., & Blein M., 2010. Filière des Plantes Médicinales Biologiques du Québec. *L'ail*, Guide de production sous régie biologique, Québec, 29 p.
- Pande A., & Rao V.G., 1998. A Compendium Fungi on Legumes from India. Scientific Publishers (India), Jodhpur, 188 p.
- Porta-Puglia A., Bernier C.C., Jellis G.J., Kaiser W.J., & Reddy M.V., 1994. Screening techniques and sources of resistance to foliar diseases caused by fungi and bacteria in cool season food legumes. *Euphytica* 73, 11-25.
- Punithalingam E., 1968. *Uromyces ciceris-arietini*. C. M. I. Descr. Pathog. Fungi Bact. 178: 1-2.
- Purdy L.H., Krupa S.V., & Dean J.L., 1985. Introduction of sugarcane rust into the Americas and its spread to Florida. *Pl. Dis.* 69: 689-693.
- Rieuf P., 1970. Parasites et saprophytes des plantes au Maroc. Les cahiers de recherche agronomique, 28: 179-357.
- Rieuf P., 1971. Parasites et saprophytes des plantes au Maroc. Les cahiers de recherche agronomique, 29: 470-570.
- Ryan C.C., & Egan B.T., 1989. Diseases of Sugarcane, Major Diseases-Elsevier Publishing Company. P 197.
- Savulescu T., 1953. Monografia Uredinalelor din Republica Populara Romana. 2 vols. Editura Academiei Republicii Populare Romanea, 1166 p.
- Saxena M.C., 1988. Food Legumes in the Mediterranean Type of Environment and ICARDA's Efforts in Improving their Productivity. In: Beck, D. P., and Materon, L. A. (Eds.), Nitrogen fixation by legumes in Mediterranean Agriculture, The Netherlands. Pp: 11-23.
- Saxena M.C., 1990. Research on faba bean, lentil and Kabuli chickpea at the International Center for Agricultural Research in the dry areas (ICARDA). Tropical Agriculture Research series 23, 282-295.
- Saxena M.C., & Singh K. B., 1984. *Ascochyta blight and winter sowing of chickpea*. Martinus Nijhoff/ Dr W. Junk Publishers and ICARDA, the Hague, Netherlands, 288 pp.
- Stavelly J. R., & Pastor-Corrales M. A., 1989. Rust in Bean Production Problems in the tropics. 2nd. ed. H. F. Schwartz and M. A. Pastor-Corrales, (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 159-194 pp.
- Stevenson J.A., 1926. Foreign plant disease. A manual of economic plant diseases which are new or not widely distributed in the USA. US Department of Agriculture, Federal Horticultural Board, USA. 198 pp.
- Stuteville D.L., Graves W.L., Dixon L.J., Castlebury L.A., & Minnis A. M., 2010. *Uromyces ciceris-arietini*, the cause of chickpea rust: New hosts in the Trifolieae, Fabaceae. *Plant Dis.* 94:293-297.
- Taleb A., Bouhache M., & Rzozi S. B., 1997. Étude de la flore adventice de la canne à sucre dans la région du Loukkos. Actes Inst. Agron. Vet (Maroc), Vol. 17 (2): 103-108.
- Unamuno P.L., 1940a. Nueva aportacion al studio de los hongos microscopicos de la zona del protectorado español en marruecos. Notas micologicas. Segunda serie, Mauritania, 148: 102-103.
- Unamuno P.L., 1940b. Nueva aportacion al studio de los hongos microscopicos de la zona del protectorado español en marruecos. Notas micologicas. Segunda serie, Mauritania, 149: 132-134.
- Van Der Maessen L.J.G., 1987. Origin, history and taxonomy of chickpea.. In: *The chickpea* (Saxena M.C., Singh K.B., eds.), CAB International, Oxford, UK. 409 p.
- Van der Merwer M., Ericson L., Walker J., Thall P.H., & Burdon J.J., 2007. Evolutionary relationships among species of *Puccinia* and *Uromyces* (Pucciniaceae, Uredinales) inferred from partial protein coding gene phylogenies. *Mycological Research* 111: 163-175.
- Zhuang J.Y., 2005. Flora Fungorum Sinicorum. Vol. 25. Uredinales (III). Science Press, Beijing, 183 p.