Étude de l'infestation des céréales par les nématodes à kyste « *Heterodera* spp. » et distribution des espèces en cause dans l'Ouest de l'Algérie

Fatiha Righi Assia^{1,*}, Kada Righi¹, Karima Boungab¹ et Aissa Mokabli²

¹ Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et Géomatic, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des Sciences Agronomiques, Université de Mascara, Mascara 29000, Algérie

² Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences, Université de Khemis, Meliana 44000, Algérie

Résumé – L'extension des superficies céréalières dans l'Ouest de l'Algérie (plus de 1 million d'hectares depuis le littoral jusqu'aux régions sahariennes) s'est traduite par la manifestation de plusieurs bio-agresseurs dont les plus redoutables sont les nématodes à kyste des céréales. L'état actuel des infestations et celui de la distribution des espèces d'*Heterodera* dans cette région de l'Algérie fait l'objet de cette étude. L'analyse nématologique de 1787 prélèvements représentant 156 localités appartenant à 12 wilayas a permis de conclure que ces nématodes sont présents dans 53 % des échantillons. La fréquence de l'infestation varie entre 48 et 51 % selon les régions et peut atteindre localement 100 %. Ces infestations sont causées par cinq espèces : *Heterodera avenae*, *H. latipons*, *H. hordecalis*, *H. filipjevi* et *H. mani* qui se rencontrent en populations pures ou mélangées. *H. avenae* est l'espèce dominante dans 50 % des relevés, suivie par *H. latipons* qui se trouve dans 34 % des localités prospectées et 33 % des échantillons prélevés. *Heterodera mani*, qui est parfois devancée par *H. hordecalis* ou *H. filipjevi* dans certaines localités, prend souvent la troisième place (7 %). Elle est présente dans 34 relevés soit un taux de 4 %. *H. hordecalis*, espèce inféodée surtout à l'orge, se classe quatrième et a été signalée dans 6 % des localités (35 relevés soit 4 %). *H. filipjevi*, espèce très proche d'*H. avenae*, semble s'étendre, avec des taux variables selon les localités. Sa présence est marquée dans 2 % des localités et dans 3 % des relevés (19 relevés). La réalisation des cartes d'infestation et de distribution pour certaines régions, à savoir Mascara, Relizane et Sidi Bel Abbès, pourrait permettre d'élaborer un outil d'aide à la décision à même de faciliter la surveillance et la gestion de ce risque phytosanitaire en temps opportun.

Mots clés : *Heterodera avenae* / cartographie / céréales / Ouest Algérie / nématodes

Abstract – Study of cereals infestation by the cyst nematodes "*Heterodera* spp." and distribution of the involved species in western Algeria. The extension of cereal areas in western Algeria (more than 1 million ha from the coast to Sahara) has resulted in the manifestation of several pests, the most formidable ones being the cereal cyst nematodes. The current state of infestation and the distribution of the different species of *Heterodera* in this region of Algeria are studied here. The nematode analysis of 1787 samples, representative from 156 communities and 12 wilayas, concluded that nematodes are present in 53% of samples. The frequency of infection varies between 48 and 51%, depending on the region, with local peaks reaching 100%. These infestations are caused by five species: *Heterodera avenae*, *H. latipons*, *H. hordecalis*, *H. mani* and *H. filipjevi*. These species are found either in pure or mixed populations. *H. avenae* is the dominant species in 50% of surveys, followed by *H. latipons* found in 34% of prospected localities and 34% of the samples. *Heterodera mani*, sometimes preceded by *H. filipjevi* or *H. hordecalis* in some localities, often takes the third place (7%); it is present in 34 samples representing a rate of 4%. *H. hordecalis* species, subservient to barley, takes the fourth place and has been reported in 6% of localities (35 samples, 4%). *H. filipjevi*, species very close to *H. avenae*, appears to be important in some localities. Its presence was marked in 2% of localities and 3% of the samples (19 samples). Establishing infestation and distribution maps for some areas, namely Mascara, Relizane and Sidi Bel Abbes, could contribute to a decision support tool that would allow monitoring and managing this pest risk at the right time.

Keywords: cereal / *Heterodera avenae* / western Algeria / nematodes / cartography

*Auteur de correspondance : assia_aya@yahoo.fr

1 Introduction

En Algérie, en 2018, la production céréalière était estimée à 41,2 millions de tonnes pour une superficie de 3 385 560 ha, selon les services statistiques de la direction des services agricoles algériens. Par l'importance des superficies occupées et par son rôle dans la sécurité alimentaire du pays, la céréaliculture occupe une place prépondérante dans la production agricole de l'Algérie.

Parmi les agents biotiques qui limitent la production céréalière, les nématodes à kystes du genre *Heterodera* provoquent des pertes considérables et représentent une contrainte majeure à l'intensification de la production de céréales (Chabert *et al.*, 2012 ; Dababat *et al.*, 2015 ; Righi *et al.*, 2017 ; Rivoal *et al.*, 1986). C'est un complexe très polymorphe, présentant de multiples espèces, races ou pathotypes caractérisés par leur cycle biologique et leur gamme d'hôtes qui apparaît endémique en Europe et dans le bassin méditerranéen (Holgado *et al.*, 2004 ; Mokrini *et al.*, 2017 ; Oro *et al.*, 2012 ; Seifi *et al.*, 2013). Ce problème a été sous-estimé tant que l'on a cultivé des cultivars à rendement moyen ou faible ; il apparaît au contraire très grave pour les nouveaux cultivars, beaucoup plus performants mais aussi beaucoup plus vulnérables.

En Algérie, plusieurs chercheurs ont révélé la présence de ces nématodes dans plusieurs zones céréalières (Mokabli *et al.*, 2016 ; Righi *et al.*, 2017).

La connaissance approfondie des taux d'infestations des parcelles céréalières et l'étude de la distribution du complexe *Heterodera avenae* dans l'Ouest Algérien sont nécessaires à une bonne gestion phytosanitaire.

2 Matériels et méthodes

2.1 Étude de l'infestation des parcelles céréalières

L'étude a été réalisée dans la région Ouest de l'Algérie qui s'étend du littoral jusqu'au sud saharien. Elle est bordée au nord par la mer Méditerranée, au Sud-ouest par le Sahara occidental et à l'Ouest par le Maroc. Nous avons prospecté des zones céréalières de 156 localités de 12 wilayas différentes : Mascara, Sidi Bel Abbès, Témouchent, Oran, Mostaganem, Relizane, Saïda, Tiaret et Nâama. 1787 prélèvements de sol ont été réalisés. Ces régions sont connues pour leur vocation céréalière (Fig. 1).

L'étude de l'état d'infestation des parcelles céréalières par les nématodes à kyste des céréales «*Heterodera* spp.» a pour objectif d'évaluer les degrés d'infestation dans ces différentes régions, d'où la nécessité d'une analyse nématologique qui constitue le seul diagnostic fiable puisqu'elle permet une estimation quantitative des populations de nématodes présents dans le sol ainsi que leur identification. Elle consiste à prélever des microéchantillons de sol à des profondeurs allant de 10 à 40 cm dans des parcelles qui sont cultivées en céréales. Les prélèvements sont effectués à la binette à partir de 35 à 40 points différents (Mugniery et Zaouchi, 1976) en suivant une trajectoire en zigzag dans une parcelle ne dépassant pas 4 hectares. Les prises élémentaires de sol sont de 35 à 40 g chacune. Le sol ainsi récolté (1,5 à 2 kg) est étalé à l'ombre pour le séchage. On procède par la suite à l'extraction des kystes à partir du sol. Pour l'obtention des kystes

Fig. 1. Délimitation des régions d'étude en Algérie.

Fig. 1. Delimitation of study areas in Algeria.

d'*Heterodera*, nous avons utilisé la technique de Fenwick (1940), fondée sur la flottaison des kystes. Ce procédé vise à séparer les kystes de la fraction minérale du sol. L'appareil de Fenwick est rempli à ras bord. Le sol destiné à l'analyse est entraîné par un courant d'eau à travers un tamis de 2 mm de maille dans un entonnoir qui plonge dans l'appareil de Fenwick. Les kystes flottent et sont entraînés par le trop-plein avant qu'ils aient le temps de se réhydrater. Ils sont retenus par un tamis à maille de 63 μ m. Le contenu du tamis est récupéré à l'aide du jet d'eau d'une pissette sur du papier filtre tapissant un entonnoir porté par un Erlen. Lorsque papier est bien égoutté, on procède à la récupération des kystes sous loupe binoculaire.

Pour la détermination de la densité des larves par gramme de sol, 25 kystes pleins sont examinés pour chaque échantillon. Ainsi, chaque kyste est placé dans une goutte d'eau sur une lame puis écrasé afin de procéder au comptage des œufs et des larves (stade J2).

L'identification des espèces d'*Heterodera* est basée sur les caractères morpho-métriques et anatomiques du cône vulvaire du kyste (Handoo, 2002 ; Mulvey, 1972) (Tab. 2).

Pour cela nous avons procédé à l'observation de la région périnéale. La préparation du cône vulvaire passe par plusieurs étapes selon la technique de Hooper (1970). Ces observations se rapportent aux constituants des structures du cône vulvaire tels que la présence ou l'absence des *bullae*, du pont, la forme du *fenestrae* et la longueur de la fente vulvaire. Faute de moyens adéquats, l'identification moléculaire n'a pas pu être utilisée pour confirmer ces identifications.

2.2 Distribution des nématodes dans les parcelles céréalières

La réalisation des cartes de distribution des nématodes dans chaque région d'étude choisie a été effectuée à l'aide de

Fig. 2. Répartition de l'infestation en fonction des régions dans l'Ouest de l'Algérie.

Fig. 2. Infestation distribution by region in western Algeria.

MapInfo 8.0. Ce logiciel permet l'acquisition, la gestion, l'analyse ainsi que la présentation des informations localisées géographiquement.

Ces cartes d'infestation sont établies selon une échelle obtenue à partir de l'étude de la fécondité des kystes des différentes populations. Ainsi, le taux moyen des œufs/larves viables et le seuil de nuisibilité (12 larves au stade J2/g de sol) avancé par Mokabli (2002) sont pris en considération pour l'élaboration de cette échelle (0=parcelle indemne; 1 à 6 œufs-J1-J2/g de sol = faiblement infestée; 7 à 11 = moyennement infestée; et > 12 = fortement infestée).

3 Résultats et discussion

3.1 Étude de l'infestation des parcelles céréalières

Les résultats des analyses nématologiques des 1787 échantillons ont révélé que 53 % des parcelles prospectées sont infestées (Fig. 2). La fréquence de l'infestation varie selon les régions et la céréale en place. Les valeurs des taux d'infestation enregistrés varient entre 48 et 51 % en fonction des régions et atteignent 100 % pour quelques localités (Timimoun, Zemoura, Mediouna, Mazouna, Hacine) (Tab. 1). Ces fluctuations des niveaux d'infestation sont le résultat de l'interaction de nombreux facteurs tels que le climat, le système de rotation, les variétés cultivées, le type de sol et l'emploi de produits chimiques (pesticides, engrais...) qui affectent les populations du complexe *Heterodera* spp.

(Labdelli *et al.*, 2017; Mokabli, 2002; Righi *et al.*, 2014). Selon Mugniéry *et al.* (1989), la densité moyenne pour une même parcelle ou une même localité est calculée en rapportant le nombre des kystes pleins extraits à partir de tous les échantillons prélevés dans cette localité au poids total des échantillons. Dans la pratique, le degré de contamination du sol par les nématodes du genre *Heterodera* est souvent exprimé sous forme d'un nombre de kystes par unité de volume de sol. Aubert (1986) précise que cette indication assez grossière peut être affinée en précisant le nombre de kystes pleins et le nombre de kystes vides, ou mieux encore en recensant les juvéniles et les œufs vivants à l'intérieur des kystes (expression en nombre d'individus par gramme de sol). Le même auteur avance que la taille des kystes varie énormément. Par conséquent, le potentiel infectieux représenté par le contenu des kystes doit également varier d'un individu à l'autre. D'autre part, le développement embryonnaire des œufs au sein d'un kyste peut ne pas être homogène. Ces différentes raisons nous ont donc encouragés à identifier le contenu des kystes des différentes populations, notamment le taux des œufs en diapause et le taux de mortalité. Une autre remarque importante concerne la viabilité des œufs dans le kyste, c'est-à-dire le nombre d'œufs en état de diapause et la mortalité. L'estimation du degré d'infestation nécessite l'étude du contenu des kystes prélevés ainsi que la viabilité des œufs/larves qu'il contient. L'étude menée par Righi *et al.* (2014) sur la fécondité et la fertilité de certaines populations de la région de Mascara et de Relizane, a montré que les œufs pleins,

Tableau 1. Répartition de l'infestation des parcelles céréalières par le nématode à kyste des céréales « *Heterodera* spp. » dans l'Ouest de l'Algérie.
Table 1. Distribution of the infestation of cereal plots by the "Heterodera spp." cereal cyst nematode in western Algeria.

Région	nbr parcelle	nbr parcelle, infest	Blé dur	nbr parcelle, infest	% infest	Blé tendre	nbr parcelle, infest	% infest	Orge	nbr parcelle, infest	% infest	Avoine	nbr parcelle, infest	% infest
Adrar	63	25	36	13	36	12	3	25	14	8	57	1	1	100
Tindouf	13	3	6	2	33	0	0	0	7	2	29	0	0	0
Bechar	35	12	18	5	22	7	4	43	11	6	45	0	0	0
Relizane	301	205	145	93	37	70	48	50	47	31	49	39	25	47
Mascara	509	272	231	118	27	132	67	38	89	45	39	62	34	42
Mostaganem	146	66	53	14	9	38	10	24	38	12	21	19	2	5
Sidi belabbes	369	182	130	63	21	94	52	18	77	36	18	68	32	18
Tiaret	120	66	57	36	32	41	23	53	12	4	33	9	3	33
Témouchent	81	48	37	24	41	29	16	55	11	7	64	4	3	75
Saida	118	59	47	28	30	36	18	31	20	9	30	11	4	36
Naama	14	2	5	1	20	3	0	0	4	1	25	2	0	0
Oran	18	8	7	3	41	5	1	20	5	2	40	1	0	0
Total	1787	948	772	400	52	467	242	52	335	163	49	216	104	48
% infestation		53		22			14			9			6	

vivants et embryonnés, forment 75 % du contenu des kystes d'*H. avenae* alors que les œufs morts comptent pour 4 %.

3.2 Répartition des infestations et distribution des espèces d'*Heterodera* dans la région de Mascara

Les résultats représentés sur la [figure 3a](#), montrent que la distribution géographique des nématodes à kyste des céréales dans les communes est considérable. La plupart des parcelles prospectées se sont avérées contaminées, même si l'importance des populations de nématodes varie selon les localités. La succession des céréales sur les mêmes parcelles et les conditions climatiques favorables ne font qu'augmenter le potentiel infectieux des sols ([Labdelli et al., 2017](#); [Ritter, 1982](#)); cela peut expliquer d'une manière générale les fortes infestations enregistrées dans les parcelles de la commune de Zahana, avec une densité qui est deux fois et demie plus importante que le seuil de nuisibilité estimée à 12 larves (J2) par gramme de sol ([Mokabli, 2002](#)). Les parcelles de Maoussa, Mamounia, Tighennif, Hachem, Zahana et de Nesmot sont aussi très infestées et dépassent le seuil de nuisibilité de 12 larves J2/g de sol. Pour le reste des communes de cette wilaya, les infestations sont faibles, sauf pour les localités de Tizi, Sidi-Kada, Froha, Zelamta et Sidi Boussaid où les infestations sont moyennes.

[Righi et al. \(2014\)](#) ont montré que toutes les parcelles céréalières de toutes les communes de la région de Mascara sont infestées. Ces infestations sont le fait de quatre espèces d'*Heterodera*: *H. avenae*, *H. latipons*, *H. hordecalis* et *H. mani* ([Tab. 2](#)). La [figure 3b](#) montre la dominance d'*H. avenae* et *H. latipon* dans 91 % des localités prospectées. Elles se présentent en populations pures dans les parcelles de Sidi Abdeldjebar et d'El-Guetna, par contre elles sont associées dans la majorité des parcelles étudiées, avec un taux de présence de 78 %. Ces deux espèces constituent seules les

populations des parcelles de 56 % des localités étudiées. *H. horfecalis* et *H. mani* semblent moins présentes et occupent respectivement 13 et 9 % des communes explorées. Ces deux espèces ont été signalées dans plusieurs régions d'Algérie ([Righi et al., 2014](#); [Smaha et al., 2018](#)).

La présence de populations mixtes est détectée dans 13 % des localités, alors que la présence de trois ou quatre espèces dans les parcelles de la même localité est détectée dans respectivement 9 et 4 % des localités.

3.3 État d'infestation et distribution des espèces d'*Heterodera* dans la région de Relizane

La plupart des localités de la région de Relizane ([Fig. 4a](#)) sont infestées par les nématodes à kyste des céréales. Ainsi sur les 28 localités prospectées, trois sont fortement infestées (Mediouna, Bendaoud et Oued Salam) avec un taux d'infestation des parcelles variable. Pour les autres localités, l'infestation des parcelles varie entre faible et moyenne. C'est le cas des communes de Sidi Med Benali, Oued-El djemaa, Yellel, El-Matmar, Relizane, Dar-Benabdellah, Sidi Mhammed Benaouda, et Zemoura.

Les nématodes à kyste des céréales de la région de Relizane se répartissent en 5 espèces ([Fig. 4b](#) et [Tab. 2](#)), avec la dominance d'*H. avenae*. Cette espèce est présente dans 93 % des communes explorées. Elle est suivie par *H. latipons* avec un taux de présence de 74 %. Les populations mono-spécifiques représentent 4 % pour *H. latipons* et 22 % pour *H. avenae*. Soit un total de 26 %. *H. hordecalis* est présente dans 59 % des communes explorées alors que *H. mani* n'est représentée que dans 14 %. Une cinquième espèce est présente, *H. filipjevi*, avec une fréquence de 7 %; cette espèce n'avait pas été citée dans les premiers travaux réalisés dans la même région ([Righi et al., 2014](#)), qui ne révélaient la présence que de quatre espèces (*H. avenae*, *H. latipons*, *H. hordecalis*, et *H. mani*).

Tableau 2. Biométrie des kystes et des larves (J2) des espèces et des populations du complexe *Heterodera avenae* dans la région Ouest de l'Algérie.**Table 2.** Biometry of cysts and larvae (J2) of species and populations of the *Heterodera avenae* complex in western Algeria.

Espèces (Population)	Longueur kyste	Largeur kyste	Longueur fenestrae	Largeur semi-fenestrae	Longueur fente vulvaire	Longueur corps J2	Largeur corps J2	Longueur stylet (lsJ2)	Longueur queue (lqJ2)	Longueur portion hyaline (LhyJ2)
<i>H. mani</i> (Mascara)	634* (490–730)**	567 (397–648)	49 (47–52)	28 (21–32)	5 (5–6)	593 (532–629)	22 (20–22)	24 (21–27)	73 (59–78)	38 (29–47)
<i>H. avenae</i> (Mascara)	699 (592–910)	476 (401–625)	50 (50–51)	20 (18–22)	10 (9–11)	571 (521–622)	20 (19–21)	25 (23–28)	66 (59–71)	37 (36–38)
<i>H. latipons</i> (Mascara)	649 (648–650)	508 (500–515)	60 (60–61)	18 (18–19)	7 (7–8)	435 (406–470)	19 (18–20)	22 (22–23)	44 (41–49)	27 (19–32)
<i>H. hordecalis</i> (Mascara)	575 (390–735)	437 (251–557)	47 (46–48)	21 (19–22)	21 (18–25)	429 (412–456)	20 (19–22)	23 (22–26)	51 (46–60)	34 (30–38)
<i>H. mani</i> (Relizane)	584 (498–658)	418 (399–454)	52 (47–60)	26 (19–32)	6 (5–9)	585 (545–622)	21 (20–21)	26 (25–27)	60 (59–61)	37 (29–47)
<i>H. avenae</i> (Relizane)	717 (590–970)	529 (400–730)	50 (49–51)	21 (18–22)	10 (9–10)	578 (535–622)	22 (21–23)	28 (28–29)	69 (69–71)	39 (38–39)
<i>H. hordecalis</i> (Relizane)	694,66 (645–740)	554 (545–559)	62 (61–63)	21 (21–22)	23 (21–25)	462 (455–465)	20 (19–21)	25 (23–26)	54 (53–55)	35 (31–38)
<i>H. latipons</i> (Relizane)	537 (351–650)	416 (281–519)	71 (65–75)	24 (16–34)	9 (8–9)	451 (425–476)	21 (20–21)	24 (24–25)	49 (43–53)	30 (28–32)
<i>H. filipjevi</i> (Relizane)	773 (502–835)	578 (352–625)	51 (44–65)	26 (20–35)	7 (7–8)	556 (432–582)	20 (20–21)	24 (21–32)	51 (50–52)	34 (30–38)
<i>H. mani</i> (Sidi Belabbes)	357 (660,66)	283 (564,33)	70 (53,33)	25 (23,66)	8 (10)	598 (540–628)	23 (20–25)	23 (21–27)	66 (59–78)	43 (38–46)
<i>H. avenae</i> (Sidi Belabbes)	725,5 (590–970)	524 (400–730)	50 (49–53)	21 (18–22)	10 (9–11)	598 (575–621)	22 (21–22)	27 (24–28)	65 (58–71)	42 (39–46)
<i>H. latipons</i> (Sidi Belabbes)	404,25 (352–523)	317 (280–385)	66 (61–74)	21 (17–28)	8 (7–9)	461 (432–471)	20 (19–21)	23 (22–24)	49 (48–51)	29 (27–32)
<i>H. hordecalis</i> (Sidi Belabbes)	590 (390–735)	446 (259–556)	56 (49–59)	20 (19–22)	19 (18–20)	430 (412–465)	21 (20–22)	24 (22–26)	60 (59–60)	31 (30–31)

* : moyenne (μm) ; ** : valeurs minimales et maximales (μm).

Le taux de présence des populations formées de 2, 3 ou 4 espèces est respectivement de 37, 22 et 7 %.

3.4 État d'infestation et distribution des espèces d'*Heterodera* dans la région de Sidi Bel Abbès

Les résultats, illustrés par la figure 5a, montrent que la majorité des communes étudiées est infestée (89 %) ; 78 % sont faiblement infestées et 8 % sont modestement infestées, alors que les fortes infestations ne représentent que 3 %. Plusieurs espèces sont la cause de ces infestations, qui sont la conséquence de la présence permanente des céréales dans les rotations et de l'abondance des graminées sauvages. Righi *et al.* (2017) avancent que rares sont les agriculteurs qui pratiquent le désherbage chimique dans cette région. Les mêmes auteurs signalent la présence de 15 genres et de 25 espèces de graminées ; or la présence de graminées adventices dans les parcelles céréalières de cette région assure le maintien des populations du complexe *Heterodera avenae*, même en l'absence de graminées cultivées. Ainsi les conditions édapho-climatiques et la présence continue de plantes hôtes au sein des localités de la région de Sidi Bel Abbès expliqueraient les

infestations importantes enregistrées dans cette région. On note la présence de quatre espèces, dont la fréquence varie selon les communes étudiées (Fig. 5b et Tab. 2). *H. avenae* est l'espèce dominante ; elle colonise la plupart des parcelles céréalières de cette région. Elle enregistre un taux de 82 %, suivie par *H. latipons* (70 %). Pour *H. mani* et *H. hordecalis*, leur présence est décelée dans cinq localités pour la première et dans 2 localités pour la seconde, soit une fréquence de 15 et 6 %, respectivement.

Concernant les populations mixtes dans cette région, nous avons noté des taux de 24, 15 et 3 %, respectivement pour les populations composées de 2, 3 et 4 espèces.

Les différents résultats obtenus nous permettent de déduire que *H. avenae* est l'espèce la plus présente dans la majorité des localités exploitées (43 %), soit 121 communes et 50 % des relevés. Cela confirme les résultats obtenus par d'autres auteurs dans différentes régions, comme Mokabli (2002) dans plusieurs parcelles céréalières des régions de Sétif, Aïn Defla et Tiaret. La cartographie de l'infestation au niveau des régions de l'Ouest de l'Algérie montre que ce nématode a une grande capacité d'adaptation écologique, ce qui lui permet de se développer dans différentes régions. Ainsi, sa présence s'étale

Fig. 4. a : Carte d'état d'infestation des parcelles céréalières dans la région de Relizane ; b : Carte de distribution des espèces d'*Heterodera* dans la région de Relizane. **Fig. 4.** a: Map of infestation of plots of grain in Relizane region; b: Distribution map of *Heterodera* species in Relizane region.

Fig. 5. a : Carte d'état d'infestation des parcelles céréalières dans la région de Sidi Bel-Abbes ; b : Carte de distribution des espèces d'*Heterodera* dans la région de Sidi-Bel-Abbes.
Fig. 5. a : Map of infestation of plots of grain in Sidi Bel-Abbes region; b : Distribution map of *Heterodera* species in de Sidi-Bel-Abbes region.

depuis les régions du littoral jusqu'aux régions désertiques. Son extension suit celle des graminées cultivées ou spontanées. Ce sont surtout les premières qui sont responsables de l'importance des infestations, et ce à cause des pratiques culturales inadéquates qui permettent sa pullulation. Le non-respect de la rotation et le maintien des céréales sur des sols infestés pendant plusieurs années consécutives augmente le potentiel infectieux des sols, et par conséquent les seuils de nuisibilité sont atteints en une ou deux années seulement (Righi *et al.*, 2014). Les taux d'infestation faibles ou moyens restent des taux importants et inquiétants qui doivent être pris au sérieux, comme signalé dans de nombreux travaux (Ibrahim *et al.*, 1999 ; Rammah, 1994 ; Smiley *et al.*, 1994) qui ont montré que ce nématode peut provoquer des pertes importantes, même avec des densités très faibles (2 larves J2/g sol).

Ritter (1982) affirme que cette espèce est polymorphe et présente de multiples races ou pathotypes caractérisés par leur cycle biologique et leur gamme d'hôtes ; elle est endémique en Europe et dans le bassin méditerranéen. Le même auteur rapporte que les analyses de routine des sols des régions céréalières révèlent la présence d'*H. avenae* dans 50 % des échantillons examinés, alors que Meagher (1977) et Philis (1997) notent que *H. avenae* et *H. latipons* sont très fréquentes sur l'orge. Concernant *H. latipons*, espèce souvent associée à *H. avenae*, et qui occupe la seconde place en terme de fréquence, elle est présente dans 34 % des localités prospectées et 34 % (268 relevés) des échantillons prélevés. En Jordanie, elle a été rencontrée dans 66 % des parcelles d'orge (Al Abed *et al.*, 2004). Sa capacité de se reproduire sur différentes graminées (sauvages ou cultivées) lui permet de coloniser différents agrosystèmes. *H. mani* prend souvent la troisième place (7 %), même si elle est parfois dominée par *H. hordecalis* ou *H. filipjevi* dans certaines localités. Elle est présente dans 34 relevés, soit un taux de 4 %. Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par Mokabli (2002). En Irlande du Nord, *H. mani* a été signalée sur *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* et *Festuca pratensis* (Mathews, 1971). En Espagne, elle a été rencontrée sur le blé et l'orge (Romero *et al.*, 1991). Malgré son incidence agroéconomique négligeable actuellement, cette espèce est donc à prendre en considération puisque son développement sur les graminées cultivées est possible.

H. hordecalis, espèce inféodée surtout à l'orge, occupe la quatrième place en terme de fréquence. Elle a été signalée dans 6 % des localités (35 relevés = 4 %). C'est une espèce à prendre au sérieux. Elle a été signalée sur le blé et l'avoine en Italie (Lombardo *et al.*, 2011). Des populations ont été retrouvées en Tunisie, en Bulgarie et d'autres pays, en mélange avec *H. avenae*. La cinquième espèce, *H. filipjevi*, espèce très proche d'*H. avenae*, semble s'étendre, en réalisant des taux plus moins importants dans certaines localités. Sa présence a été mise en évidence dans 2 % des localités et dans 3 % des relevés (19 relevés).

4 Conclusion

Les nématodes à kyste *Heterodera* spp. sont des parasites cosmopolites ; leurs taux d'infestation sur les céréales varient d'une parcelle à une autre, et d'une région à une autre. Dans l'Ouest de l'Algérie, ils constituent une vraie menace sur la céréaliculture, surtout là où ils sont inconnus des agriculteurs.

L'identification moléculaire des espèces décelées reste cependant primordiale pour les études à venir, pour confirmer nos résultats.

La réalisation des cartes d'infestation et de distribution peut être un outil d'aide à la décision à même d'aider les acteurs des services agricoles pour suivre attentivement les cultures céréalières depuis les labours jusqu'à la moisson, afin d'estimer l'impact de ces nématodes sur les rendements ainsi que le comportement de chaque variété cultivée vis-à-vis de ces nématodes ; cela aidera à déterminer quelles sont les variétés sensibles, tolérantes ou résistantes.

Références

- Al Abed A, Al-Momany A, Al Banna L. 2004. *Heterodera latipons* on barley in Jordan. *Phytopathologia Mediterranea* 43: 311–317.
- Aubert V. 1986. Contribution à l'étude de la biologie d'un parasite de la carotte : le nématode à kyste, *Heterodera carotae* (Jones). Thèse de Doctorat, Neuchâtel, 223 p.
- Chabert A, Buisson A, Brun F, Ruck L, Champeil A, Thibord JB. 2012. Effets des systèmes de production sur les populations de nématodes nuisibles aux grandes cultures : recherche de méthodes pratiques de diagnostic et de gestion des risques. *Innovations Agronomiques* 25: 205–217.
- Dababat A, Imren M, Erginbas-Orakci J, Ashrafi S, Yavuzaslanoglu E, Toktay H, *et al.* 2015. The importance and management strategies of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp., in Turkey. *Euphytica* 202(2): 173–188.
- Fenwick DW. 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology* 18: 155–172.
- Handoo ZA. 2002. A key and compendium to species of the *Heterodera avenae* group (Nematoda: Heteroderidae). *J Nematol* 34(3): 250–262.
- Holgado R, Andersson S, Rowe JA, Magnusson C. 2004. First record of *H. filipjevi* in Norway. *Nematologia mediterranea* 32(2): 205–211.
- Hooper DJ. 1970. Handling, fixing, staining and mounting nematodes. In: Southey JF, ed. *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes*. London: MAFF Tech. Bul. 2, HMSO, pp. 39–54.
- Ibrahim AAM, Al Hazmi AS, Al Yahya FA, Alderfasi AA. 1999. Damage potential and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley under Saudi field conditions. *Nematol* 1: 625–630.
- Labdelli F, Adamou-Djerbaoui M, Oulbachir K, Allel A. 2017. Behavior of cereal's varieties in the presence of *Heterodera avenae* woll (Heteroderidae, Tylenchida) cyst nematode in Tiaret area (Algeria). *J Fundam Appl Sci* 9(3): 1378–1394.
- Lombardo S, Colombo A, Rapisarda C. 2011. Cyst nematodes of the genus *Heterodera* and *Globodera* in Sicily. *Redia*, XCIV, 2011: 137–141.
- Mathews HJP. 1971. Two new species of cyst nematode *Heterodera mani* n. sp. and *H. iri* n. sp. from Northern Ireland. *Nematologica* 17: 553–565.
- Meagher JW. 1977. World dissemination of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and its potential as a pathogen of wheat. *Journal of Nematology* 9: 9–15.
- Mokabli A. 2002. Biologie des nématodes à kystes « *Heterodera* » des céréales en Algérie. Virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales. Thèse Doc. INA. Agro., El-Harrach-Alger, 66 p.
- Mokabli A, Tirchi N, Righi K, Labdelli F, Smaha D. 2016. Cereal cyst nematodes in Algeria: Main species, biology and effect on yields.

- Abstract Book of the 32nd Symposium of European Society of Nematology, Braga, Portugal, 28 Aug–1 Sept 2016, 293 p.
- Mokrini F, Viaene N, Lie Waeyenbergh L, Dababat A, Moen M. 2017. Characterization of cereal cyst nematodes (*Heterodera* spp.) in Morocco based on morphology, morphometrics and rDNA-ITS sequence analysis. *Journal of Plant Protection Research* 57(3): 219–227. DOI: [10.1515/jppr-2017-0031](https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0031).
- Mugniery D, Zaouchi H. 1976. Étude de la méthode d'échantillonnage des nématodes à kyste et de la validité des différents critères d'estimation des populations. *Ann Zool Ecol Anim* 8(2): 335–343.
- Mugniéry D, Phillips MS, Rumpfenhorst HJ, Stone AR, Treur A, Trudgill DL. 1989. Assessment of partial resistance of potato to, and pathotype and virulence differences in, potato cyst nematodes. *Bulletin OEPP/EPPO* 19: 7–25.
- Mulvey RH. 1972. Identification of *Heterodera* cysts by terminal and cone top structures. *Canadian Journal of Zoology* 50: 1277–1292.
- Oro V, Zivkovic S, Ivanovic Z. 2012. First report of the cereal cyst nematode *H. filipjevi* on wheat in Serbia. *Plant Disease* 96(10): 1583.
- Philis I. 1997. *Heterodera latipons* and *Pratylenchus thornei* attacking barley in Cyprus. *Nematologia Mediterranea* 25: 305–309.
- Rammah A. 1994. Cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in Morocco. *Arab and Near East Plant Protection Newsletter* 19: 40.
- Righi K, Righi Assia F, Mokabli A. 2014. Dispersion du Nématode à kyste des céréales (*Heterodera avenae*) dans quelques régions céréalières de l'Ouest Algérien. *Proceedings du séminaire National sur la biodiversité faunistique, ENSA Alger., Dec 2014*.
- Righi K, Righi Assia F, Mokabli A. 2017. Infestation of cereal plots by the Cyst Nematode *Heterodera* spp in Western Algeria. *Proceedings of the Sixth International Cereal Nematodes Symposium, Agadir, Morocco, 11–15 September*.
- Ritter M. 1982. Importance des nématodes à kystes des céréales. *Bull. OEPP* 12(4): 307–316.
- Rivoal R, Besse T, Morlet G, Penard P. 1986. Nuisibilité de nématode à kyste *H. avenae* et perspectives de lutte des nématodes céréalières intensives. In : *Dix années d'études concertées INRA-ONIC-ITCF, 1973–1983*. Paris (France) : INRA, pp. 153–173.
- Romero MD, Valdeolivas A, Lacasta C. 1991. Incidence of *Heterodera avenae* on the growth and yield of cereals in Spain. *Nematologia Mediterranea* 19: 77–79.
- Seifi S, Karegar A, Banihashemi Z. 2013. The life cycle of the cereal cyst nematode *H. filipjevi*, and effect of plant hosts on its population. *World Applied Programming* 3(4): 164–168.
- Smaha D, Mokrini F, Imren M, Mokabli A, Dababat A. 2018. First report of *Heterodera hordecalis*, a cereal cyst nematode, on wheat in Algeria. *Plant Disease* 102(10): 2042.
- Smiley RW, Ingham RE, Uddin W, Cook GH. 1994. Crop sequences for winter wheat in soil infested with cereal cyst nematode and fungal pathogens. *Plant Dis* 78: 1142–1149.

Citation de l'article : Assia FR, Righi K, Boungab K, Mokabli A. 2019. Étude de l'infestation des céréales par les nématodes à kyste «*Heterodera* spp.» et distribution des espèces en cause dans l'Ouest Algérien. *Cah. Agric.* 28: 17.