

Fatima Ezzahra El Alaoui-Faris & Anne-Marie Cauwet-Marc

## Nombre chromosomique de quelques espèces de fêrules marocaines (*Ferula*, *Apiaceae*)

### Abstract

El Alaoui-Faris, F. E. & Cauwet-Marc, A.-M.: Nombre chromosomique de quelques espèces de fêrules marocaines (*Ferula*, *Apiaceae*) — Fl. Medit. 16: 341-354. 2006. — ISSN 1120-4052.

Biosystematic contribution to the study of the genus *Ferula* L. in Morocco led to highlight certain chromosome characters of the species already reported in the Moroccan flora and to describe the karyotype of three new taxa: *Ferula atlantica* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc, *F. gouliminensis* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc and *F. sauvagei* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc.

### Introduction

La famille des *Apiaceae* (*Umbelliferae*) regroupe environ 300 genres et 3000 espèces dans le monde (Gaussen & al. 1982). *Ferula* L. fait partie de la sous-famille des *Apioidae* et de la tribu des *Peucedaneae* (Drude 1898).

La famille est représentée au Maroc par 56 genres et 166 espèces (Fennane & Ibn Tattou 2005). Les espèces appartenant au genre *Ferula* au Maroc sont : *F. cossoniana* Batt. & Trabut, *F. tingitana* L. et *F. communis* L.; la quatrième espèce *Ferula fontqueri* S. L. Jury (Jury, 1997) serait à procher de *F. sauvagei* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc. Ce taxon nous l'avons décrit, à côté de deux autres espèces: *Ferula atlantica* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc et *F. gouliminensis* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc, lors de la révision systématique du genre *Ferula* L. au Maroc (El Alaoui-Faris 1993; El Alaoui-Faris & al. 2004).

Tel qu'il est rapporté dans l'index de Kew, la région méditerranéenne compte une trentaine d'espèces ; cependant, la plus grande concentration de taxons (environ 120 espèces) se trouve en Asie (Heywood 1971). Certaines des espèces méditerranéennes sont des endémiques strictes d'un territoire relativement restreint ; d'autres ont une aire de répartition plus vaste et présentent très souvent un important polymorphisme : c'est le cas de *Ferula communis* L. (Cauwet-Marc 1981 ; El Alaoui-Faris, F. E. 1989 ; El Alaoui-Faris, F. E. 1993; El Alaoui-Faris, F. E. & Cauwet-Marc 1989, 2003, 2004 ; El Alaoui-Faris & al. 2004).

Les fêrules sont des plantes herbacées vivaces présentant de grandes capacités adaptatives aux différents climats méditerranéen et continental. Les travaux de cytotaxonomie relatif à ce genre restent relativement rares ; signalons les karyotypes de 36 espèces de

Russie rapportées par Reese (1957), Turkov & al. (1978) et Solov'Eva & al. (1982). Dans la région méditerranéenne nous citons le cas de *F. communis* de France (Cauwet-Marc 1968, 1981 ; El Alaoui-Faris 1993), d'Espagne (Sanchez-Cuxart & Bernal Cid 1998 ; El Alaoui-Faris 1993), d'Italie (El Alaoui-Faris 1993), de Grèce (El Alaoui-Faris 1993), du Portugal (Gardé & Malheiros Gardé 1949-1950). *F. loscosii* (Cauwet-Marc & El Alaoui-Faris 1998), *F. tingitana* (Aparicio & Garcia 1986) d'Espagne ; ainsi que les espèces marocaines rattachées à ce genre (El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc 1989 ; El Alaoui-Faris 1993 ; El Alaoui-Faris & al. 2004). En Atlantique, *F. linkii* des Iles Canaries (El Alaoui-Faris 1993).

Cette littérature concernant les nombres chromosomiques, diploïdes et haploïdes, rapportée ici est remarquable aussi bien par la constance des nombres chromosomiques :  $2n = 22$  et  $n = 11$ , que par la ressemblance entre les caryotypes : 14 chromosomes métacentriques et 8 chromosomes sub-métacentriques à sub-télocentriques dont deux sont satéelifères, quand l'analyse du caryotype est réalisée. Ceux-ci malgré la variabilité que manifestent les différentes espèces du genre, tant au niveau morphologique que géographique.

## Matériel et méthodes

Six espèces sont étudiées (voir carte de répartition et tableau 1) :

Les plaques métaphasiques sont obtenues à partir de méristèmes radiculaires prétraités par une émulsion d' $\alpha$ -monobromonaphtalène. La coloration est effectuée dans une solution d'orcéine acétique après fixation dans l'alcool acétique et hydrolyse durant 5 mn dans l'acide chlorhydrique 5 N à froid. Les écrasements sont montés dans le carmin acétique et les observations sont effectuées à l'aide d'un photomicroscope Carl Zeiss, objectif 100.

Sur une moyenne de 7 à 10 plaques métaphasiques photographiées par population, les chromosomes sont mesurés pour la réalisation des idiogrammes à l'aide d'un programme sur ordinateur (Siljak-Yakovlev & Yakovlev, 1981). La méiose est observée à partir de boutons floraux précédemment fixés dans une solution d'alcool acétique.

Les chromosomes somatiques des espèces étudiées sont reportés sur les figures 1-10. Certaines figures de la méiose des échantillons étudiés sont résumées dans les figures 11-26.

## Résultats

Dans ce travail les nombres chromosomiques (haploïde et diploïde) et l'analyse des caryotypes des échantillons étudiés sont nouveaux dans la flore marocaine.

### *Ferula tingitana* L.

Elle croit sur les falaises méditerranéennes de la péninsule tingitane. Seule la population de Bab Belyounech, récoltée sur un rocher face à la mer, est étudiée. Le nombre chromosomique diploïde est de 22, le nombre haploïde est  $n = 11$  (Carte 1; Fig. 1).

### *Ferula cossoniana* Trabu

Plante des régions stépiques marocaines, elle est signalée à Jbel Taghmat (ouest Senoual), Hamada de Draa près du oued Tinfouchy, Atlas Saharien (sud Bou Arfa).

Table 1. Localités et nombres chromosomiques des espèces de *Ferula* L. au Maroc. B : chromosomes surnuméraires. FZ : collection personnelle. Les chiffres entre parenthèses correspondent à la répartition géographique (voir la carte n. 1).

Taxons	2n	n	B	Localités
<i>Ferula tingitana</i> L.,	22	11		Bab Bleyounech (region Ceuta) 35°55' N 5°27' W, FZ 17/9/90.
<i>Ferula cossoniana</i> Trabou,	22			32 Km sud Talsint 32°26' N 3°24' W, FZ 21/5/91.
<i>Ferula gouliminensis</i> El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc,	22			Souk Tleta des Akhassass (nord Bou-Izakarn) 29°18' N 9°45' W, FZ 6/5/89.
<i>Ferula sauvagei</i> El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc,	22	11		4 Km d'Asni (sud Marrakech), Jbel My Brahim 31°16' N 7°57' W, FZ 23/9/90.
<i>Ferula atlantica</i> El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc,	22	11		4 Km d'Asni (sud Marrakech), Jbel My Brahim 31°16' N 7°57' W, FZ 4/9/91.
<i>Ferula communis</i> L				
<i>F. communis</i> subsp. <i>brevifolia</i> (Mariz) El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc var. <i>brevifolia</i>	22	11		(3) Golf : forêt de chêne Liège à 14 Km de Rabat 34°00' N 6°48' W, FZ 25/5/88.
	22	11		(3) Temara : 21 Km de Rabat 33°53' N 6°58' W, FZ 28/5/88.
	22	11		(3) Skhirat : 25 Km de Rabat, Zair 33°51' N 7°02' W, FZ 16/6/88.
	22	11		(3) Mamora : forêt de chêne liège 34°03' N 6°47' W, FZ 25/5/88.
	22	11		(1) Kenitra : sortie de la ville vers Tanger 34°16' N 6°34' W, FZ 20/5/89.
	22	11		Sidi Allal Bahraoui : à 30 Km de Rabat 34°02' N 6°35' W, FZ 18/5/91.
	22	11		Sidi Yahya de Zair : à 17 Km de Rabat 33°56' N 6°53' W, FZ 6/5/91.
	22			(4) Ain Aouda : 31 Km de Rabat Zair 33°56' N 6°53' W, FZ 12/5/89.
	22			(3) IAV : jardin de l'Institut Agronomique et Vétérinaire de Rabat 33°51' N 7°02' W, FZ 4/5/91.
	22	11		(2) Tiflet - Khemisset : mi-chemin des deux villes 33°50' N 6° 10' W, FZ 12/5/88.
	22	11		(5) Sidi Bettach : 55 Km de Rabat 33°35' N 6°52' W, FZ 6/5/90.
<i>F. communis</i> subsp. <i>brevifolia</i> var. <i>littoralis</i> El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc	22	11	2 à 8	(1) Larache : sortie de Larache vers Rabat 35°12' N 6°09' W, FZ 11/5/88.
	22	11		(2) Temara : 20 Km de Rabat 33°59' N 6°54' W, FZ 16/5/88.
	22	11		(2) Skhirat : 22 Km de Rabat 33°52' N 7°04' W, FZ 18/5/89.
	22	11		(5) Azemmour : sortie de la ville vers Casablanca 33°18' N 8°22' W, FZ 28/4/88.
	22	11		(6) El Adir : entre Azemmour et El Jadida 31°13' N 8°33' W, FZ 28/4/88.
	22	11		(8) Had Harara : 20 Km de Safi 32°26' N 9°06' W, FZ 2/5/89.
	22	11		(7) Safi: falaises en venant d'El Oualidiya 32°18' N 9°15' W, FZ 2/5/89.

Table 1. (continued.)

	22	11		(4) Sidi Hajjaj : 22 Km de casablanca 33°32' N 7°25' W, FZ 13/5/88.
	22	11		(3) Bouznika : 30 Km au sud de Rabat 33°47' N 7°09' W, FZ 21/5/88.
	22			Tifnit : 30 Km au sud d'Agadir 30°11' N 9°38' W, FZ 25/5/90.
<i>F. communis</i> subsp. <i>sousseensis</i> El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc var. <i>sousseensis</i>	22			(10) Ait Aala: 40 Km au sud-ouest de Tizi-n-Test 30°45' N 8°29' W, FZ 14/5/89.
	22			(9) Tiout. : 20 Km au sud de Taroudant 30°25' N 8°40' W, FZ 15/5/89.
	22			(6) Jbel Lekst : près de Tafraouet 29°47' N 9°04' W, FZ 15/5/89.
	22			(8) Tiznit : sortie de la ville vers Agadir 29°42' N 9°43' W, FZ 15/5/89.
	22			(7) Tafraout : sortie vers Tznit 29°43' N 8°58' W, FZ 15/5/89.
	22			(4) Outourouine 1: 45 km de Tafraouet 29°53' N 8°53' W, FZ 15/5/89.
	22			(4) Outourouine 2: 30 km de Tafraouet 29°52' N 8°54' W, FZ 15/5/89.
	22			(5) Sidi M'Zal : 45 Km de Tafraouet 29°49' N 8°54' W, FZ 15/5/89.
	22			(3) Dar Lhoussin : sud d'Ait Baha à 40 Km du barrage Youssef Ben Tachfine 29°57' N 9°14' W, FZ 15/5/89.
	22			Massa : Sid R'bat à 50 Km d'Agadir 30°01' N 9°34' W, FZ 16/5/88.
<i>F. communis</i> subsp. <i>sousseensis</i> var. <i>intermedia</i> El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc	22	11		(2) 4 Km d'Asni (sud Marrakech), Jbel Moulay Brahim 31°16' N 7°57' W, FZ 22/5/89.
	22	11	2 à 8	(1) Chichaoua : sortie de la ville vers Essaouira 31°33' N 8°46' W, FZ 23/5/89.
	22			Tahanaouet: 32 Km de Marrakech vers Asni 31°21' N 7°59' W, FZ 22/5/89.
	22	11	0 à 4	(3) Darih : rocher près du Darih à Rabat 34°55' N 5°24' W, FZ 7/5/89.
	22	11		(3) Chellah : remparts de Rabat. 34°02' N 6°46' W, FZ 7/5/89.
	22			Amzmiz : sud de Marrakech 31°13' N 8°12' W, FZ 22/4/89.
<i>F. communis</i> subsp. <i>genuina</i> (G & G) Burnat	22	11		(8) Meknès : Remparts de la ville 33°54' N 5°33' W, FZ 15/7/88.
	22	11		(8) Oued Jdida : 20 Km de Meknès vers Fès 33°53' N 5°30' W, FZ 15/7/88.
	22	11		(8) Douiyet. 10 Km de Fès vers Meknès 34°01' N 5°05' W, FZ 15/7/88.
	22	11		(8) Mhaya : 30 Km de Fès 33°55' N 5°25' W, FZ 15/7/88.
	22	11		(7) Fès : remparts de la ville 34°02' N 4°59' W, FZ 15/7/88.
	22	11		(7) Fèz: jbel Zalagh 34°06' N 4°51' W, FZ 15/7/88.
	22	11		(6) Ain Kensara : 20 Km de Fès vers Taounet 34°12' N 5°27' W, FZ 15/7/88.
	22	11	0 à 1	(5) Tissa : 35 Km de Taounet 34°08' N 4°51' W, FZ 15/7/88.

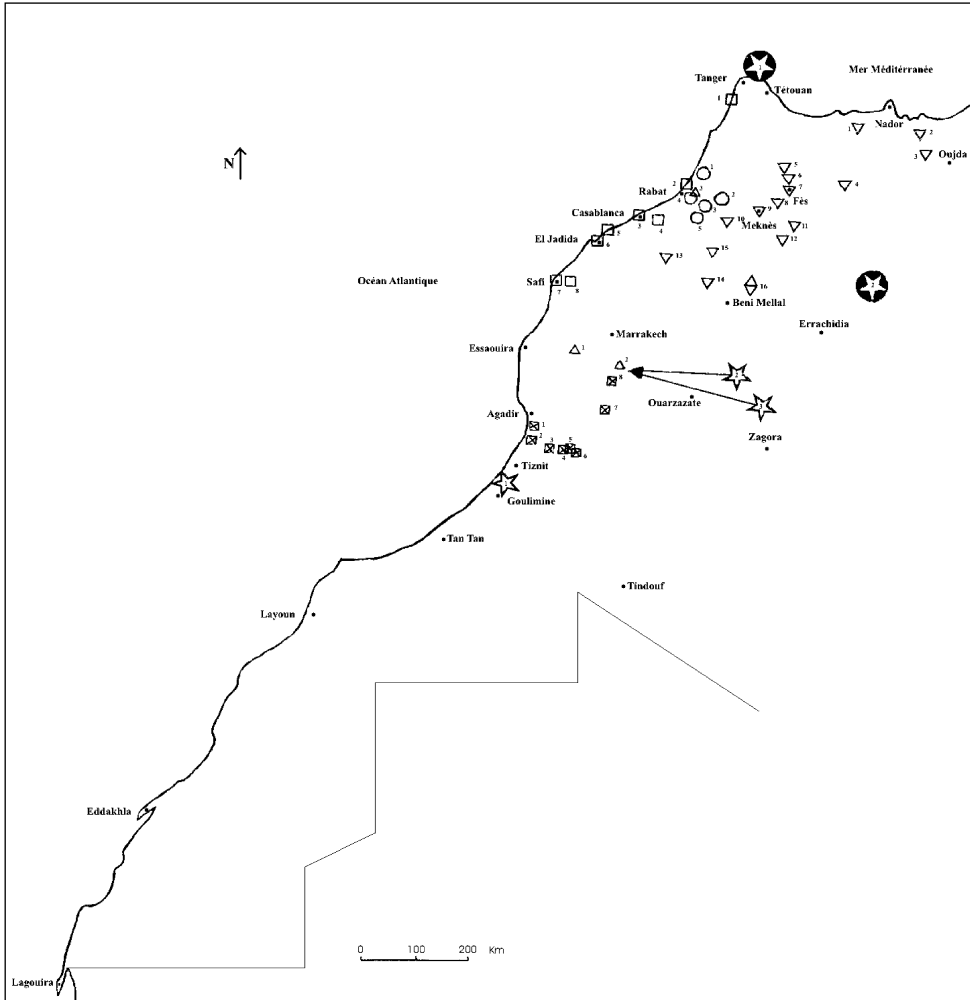
Table 1. (continued.)

	22	11		(10) Maaziz : 85 Km au sud-est de Rabat 33°40' N 6°19' W, FZ 27/6/89.
	22	11		(10) Tiddas : 15 Km de Maaziz 33°34' N 6°16' W, FZ 27/6/89.
	22	11		(14) Elbrouj : 80 Km à l'ouest de Beni Mellal 32°30' N 7°11' W, FZ 27/6/89.
	22	11		(1) Ras Kebdani : mont Kebdana, sud-est Mellila 35°07' N 3°21' W, FZ 17/7/90.
	22	11		(2) Zaio : 75 Km sud-est de Mellila 34°54' N 2°36' W, FZ 17/7/90.
	22	11		(2) Berkane : 50 Km d'Oujda 34°47' N 2°53' W, FZ 17/7/90.
	22	11		(3) Naïma : 18 Km d'Oujda vers Taza 34°36' N 2°13' W, FZ 17/7/90.
	22	11		(4) Taza : sortie de la ville vers Oujda 34°13' N 4°01' W, FZ 17/7/90.
	22	11		(14) Oued Zem : 170 Km au sud de Rabat 32°52' N 6°34' W, FZ 15/6/89.
	22	11		(11) Ifrane : forêt de Jaaba 33°32' N 5°06' W, FZ 27/7/88.
	22	11	0 à 2	(9) Adarouch près Mèknès 33°55' N 5°34' W FZ 27/7/88.
	22	11		(14) Boujjaad : 47 Km de Kasbat Tadra 34°57' N 5°00' W, FZ 17/6/90.
	22	11		Ain Louh : sud-ouest d'Azrou vers Khenifra 33°17' N 5°23' W, FZ 17/6/90.
	22	11		(11) El Hajeb : 40 Km au sud-est de Meknès 33°30' N 5°08' W, FZ 28/7/89.
	22	11		(13) Settat : 80 Km de Casablanca 33°00' N 7°37' W, FZ 17/6/90.
	22	11		(15) Zhiligua : 35 Km au sud de Rommani 33°18' N 6°32' W, FZ 17/6/90.
	22	11		(16) Azrou n'aït Lahcen-Tirhboula : 17 Km au sud de Khenifra 32°43' N 5°34' W, FZ 24/6/89..

Nous l'avons récolté à 32 Km au sud de Talsinte (Atlas Saharien). Son nombre chromosomique somatique est  $2n = 22$  et le caryotype montre beaucoup de similitude avec *F. tingitana* (Carte 1, Fig. 2).

*Ferula gouliminensis* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc (RAB n° 65337)

C'est le taxon le plus méridional des fêrules étudiés, seule une population a été récolté près de Souk Tleta des Akhassass (Anti-Atls) à environ 60 Km au nord de Goulimine. C'est une espèce différente (morphologie, chimie, El Alaoui-Faris 1993; El Alaoui-Faris & al. 2004) de celles déjà décrites dans notre flore et donc un taxon nouveau au Maroc (Herbier national (RAB), Institut Scientifique, Rabat). L'analyse des chromosomes somatiques révèle le caryotype analogue à celui de *F. tingitana* et *F. cossoniana* (Carte 1; Fig. 3).



Carte 1 : Répartition des différentes populations étudiées pour les chiffres voir tableau 1.

★ *F. tingitana*

★ *F. cossoniana*

★ *F. gouliminensis*

★ *F. sauvagei*

★ *F. atlantica*

*F. communis*:

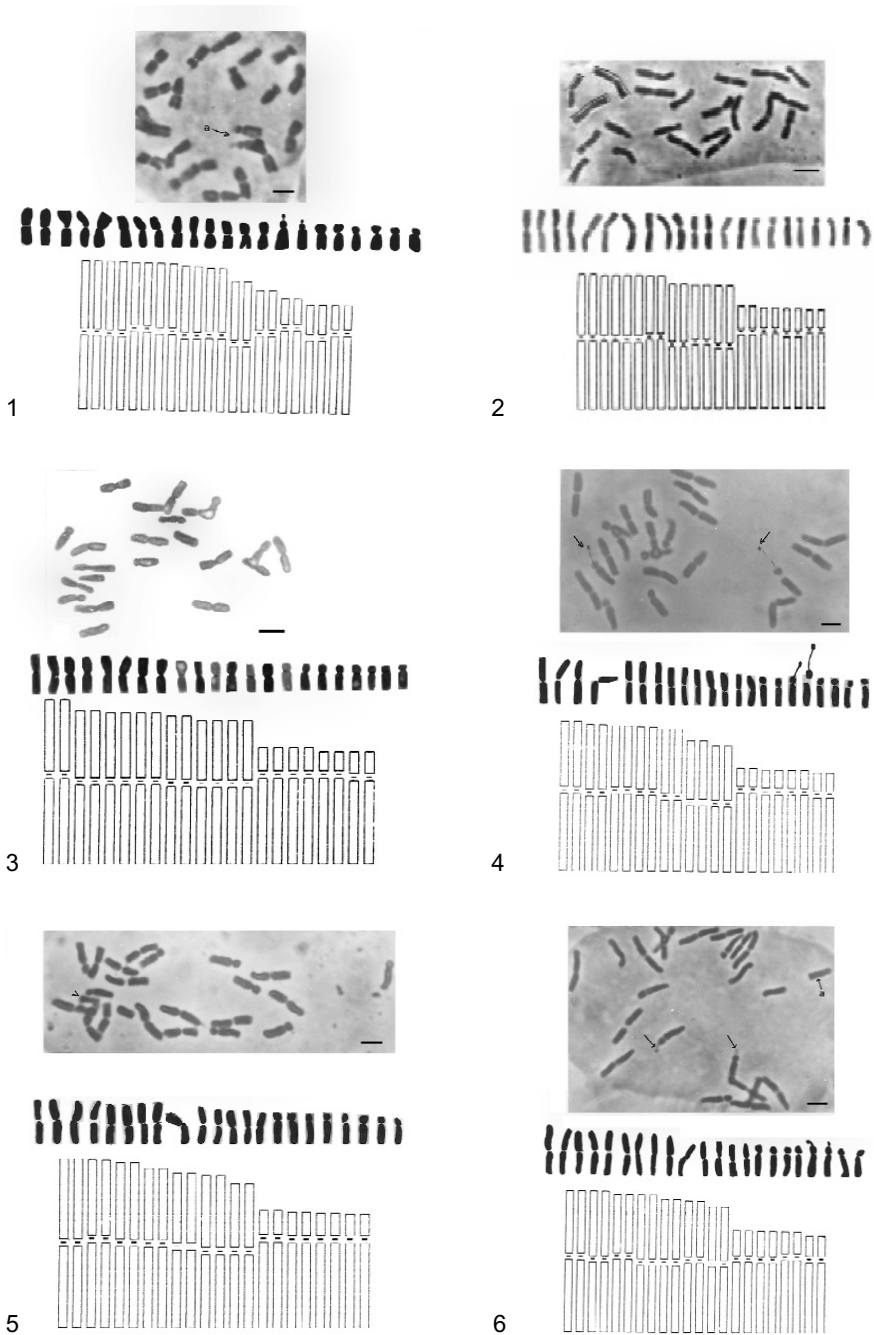
▽ subsp. *genuina*

□ subsp. *brevifolia* var. *littoralis*

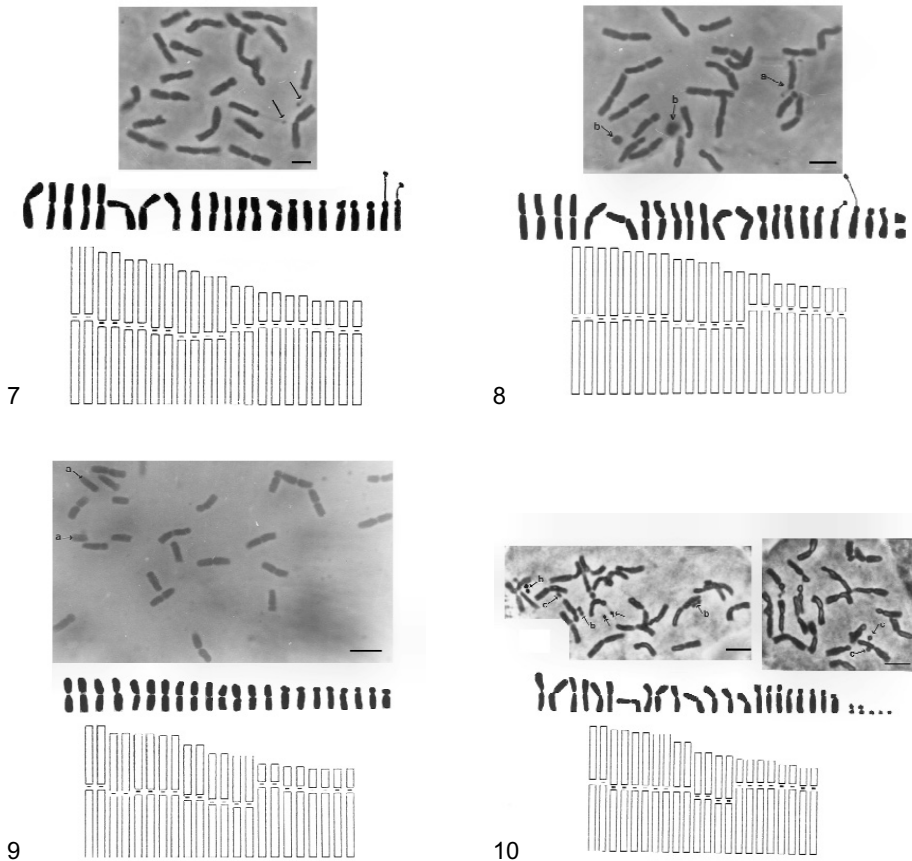
○ subsp. *brevifolia* var. *brevifolia*

⊠ subsp. *sousseensis* var. *sousseensis*

△ subsp. *sousseensis* var. *intermedia*



Figs 1-6. Les métaphases somatiques sont à la même échelle : barre = 4 mm. **1.** *Ferula tingitana*, bab belyounech; **2.** *F. cossoniana*, sud Talsinte; **3.** *F. gouliminensis*, souk Tleta des Akhassass; **4.** *F. sauvagei*, Asni; **5.** *F. atlantica*, Asni; **6.** *Ferula communis* subsp. *brevifolia* var. *brevifolia*, Mamora.



Figs 7-10. **7.** *Ferula communis* subsp. *brevifolia* var. *littoralis*, Temara plage. **8.** *F. communis* subsp. *genuina*, Meknès. **9.** *F. communis* subsp. *sousseensis* var. *sousseensis*, Ait Aala. **10.** *F. communis* subsp. *sousseensis* var. *intermedia*, Chichaoua.

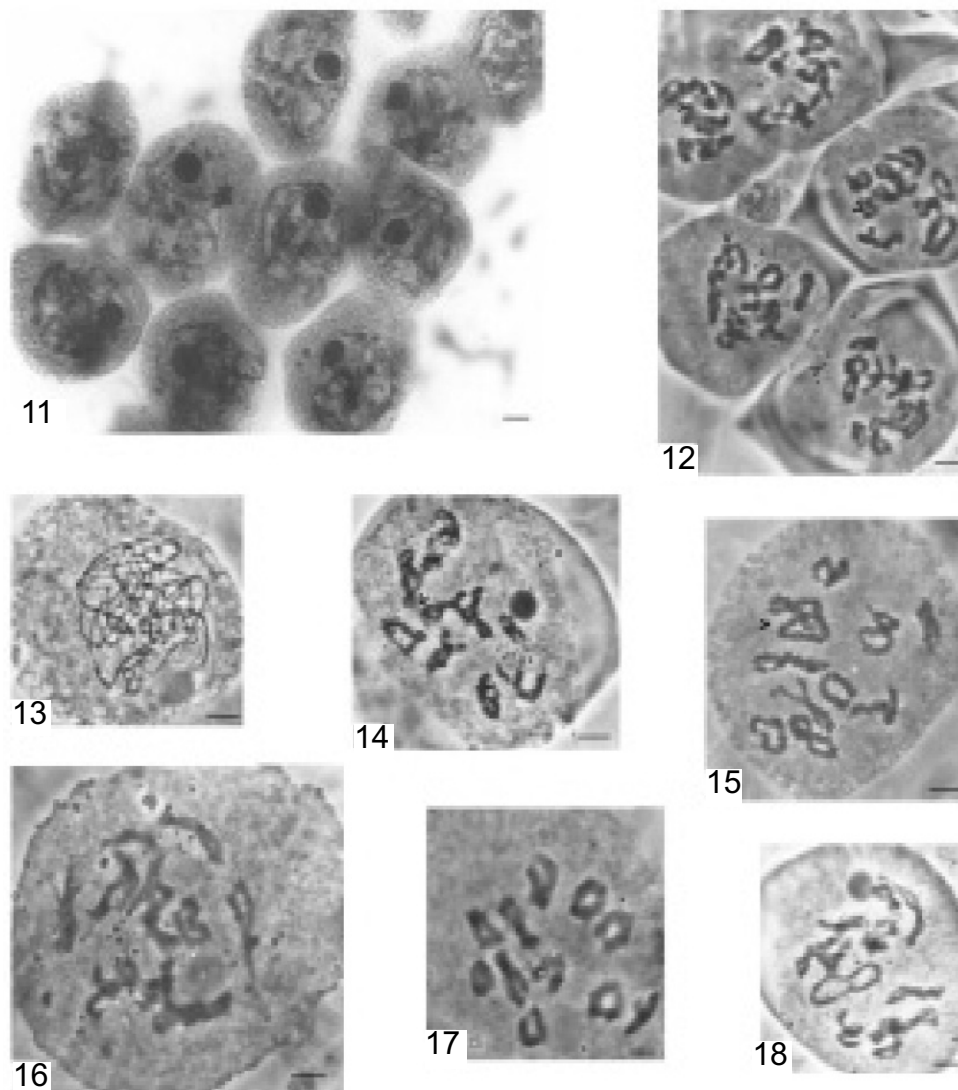
*Ferula sauvagei* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc (RAB n° 64491) et *Ferula atlantica* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc (RAB n° 64492)

Deux taxons nouveaux dans la flore marocaine (El Alaoui-Faris 1993 ; El Alaoui-Faris & al. 2004). Ils ont été récoltés dans le même endroit, à Asni (sud Marrakech, Grand Atlas) en mélange avec *F. communis*. Elles présentent un caryotype (Carte 1; Fig. 4 et 5) similaire à celui des trois espèces précédemment citées.

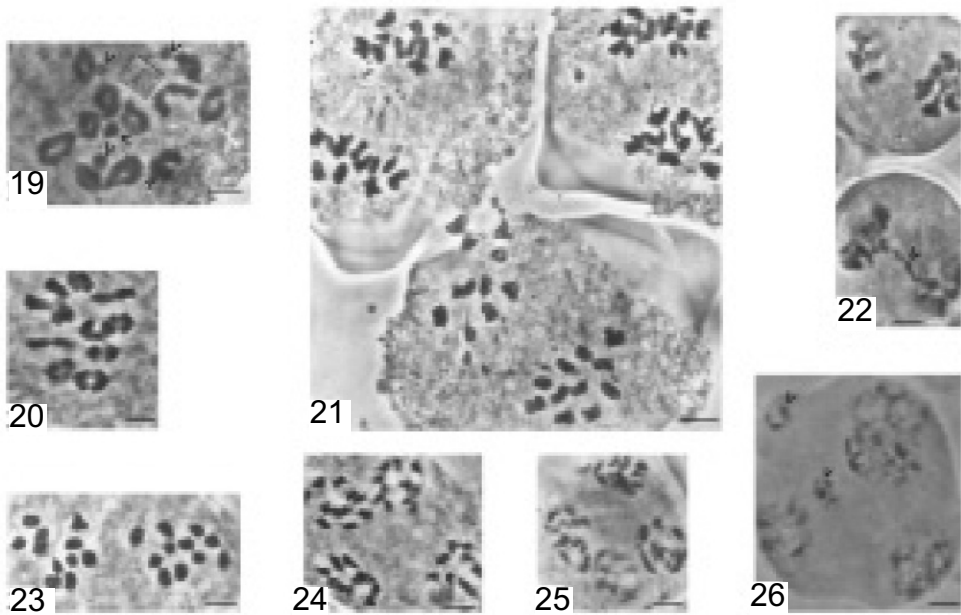
#### *Ferula communis* L.

La seule espèce toxique (pour homme et bétail), parmi les six espèces étudiées (El Alaoui-Faris 1993 ; El Alaoui-Faris & al. 2004), par la présence du férulénol : agent responsable du férulisme. Elle est très polymorphe au Maroc, largement répandue et a développé 3 sous-espèces (Carte 1).





Figs. 11-18. Méiose: toutes les photos sont au même grossissement : barre = 11 mm. **11.** *Ferula communis* var. *brevifolia*, Safi. Groupe de cellules mères au stade leptotène. **12.** *F. communis* var. *sousseensis*, Darih. Groupe de cellules mères en diacynèse où s'ajoutent des chromosomes B aux biva-  
 lents. **13.** *F. tingitana*, bab Belyounech. Cellule-mère au début du stade leptotène. **14.** *F. communis*  
 var. *sousseensis*, Chellah. Cellule-mère en diacynèse où certains bivalets sont groupés entre eux. **15.**  
*F. sauvagei*, Asni. Cellule mère en fin de diacynèse avec deux bivalets groupés entre eux. **16. et 18.**  
*F. atlantica*, Asni. Les cellules mères au même stade de division sont de taille différente. Ceci est  
 observé dans un même sac pollinique. **17.** *F. communis* subsp. *brevifolia* var. *littoralis*, El Adir.  
 Cellule mère en fin de diacynèse, les bivalets sont indépendants. Certains bivalets présentent des  
 figures en anneaux semblables à celles observées en métaphase I.



Figs. 19-26. Méiose: toutes les photos sont au même grossissement : barre = 11  $\mu$ m. **19.** *F. communis* subsp. *sousseensis* var. *intermedia*, Chichaoua. Cellule-mère en métaphase I, les flèches indiquent des chromosomes surnuméraires. Les 11 bivalents se répartissent en 7 bivalents sous forme d'anneau, 3 en forme de V pouvant être plus ou moins ouvert et un en bâtonnet. **20.** *F. communis* subsp. *genuina*, Ifrane. Chromosomes en début d'ascension polaire. **21.** et **23.** *F. communis* subsp. *brevifolia* var. *littoralis*, Mohammedia. Cellules mères, en fin d'anaphase I, de taille différente mais ont le même nombre  $n = 11$ . **22.** *F. communis* var. *brevifolia*, sidi Bettach. Deux cellules-mères dont l'une montre deux chromosomes retardataires d'un bivalent, qui, lors de la montée anaphasique, restent liés par un pont chromatique. **24-26.** *F. communis* subsp. *sousseensis* var. *intermedia*, Chichaoua. Cellules mères en fin d'anaphase II: **24.** cellule normale à 4 noyaux; **25.** Cellule anormale à 5 noyaux; **26.** cellule anormale à 4 noyaux plus deux micronoyaux.

### *Ferula communis*

- subsp. *genuina* (G. G.) Burnat : taxon qui occupe le Maroc intérieur septentrional.
- subsp. *sousseensis* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc est répandue au sud de l'axe Safi-Marrakech jusqu'à l'Anti-Atlas et se subdivise en deux variétés dont l'une est introduite dans les remparts de Rabat (Darh et Chelleah) :
  - var. *sousseensis* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc (RAB n° 65339)
  - var. *intermedia* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc (RAB n° 65341)
- subsp. *brevifolia* (Mariz) El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc est répandue le long du littoral atlantique et se subdivise en deux variétés :
  - var. *brevifolia* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc : localisée dans la région de Rabat excepté les populations côtières.
  - var. *littoralis* El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc (RAB n° 65338) regroupe les populations récoltées le long du littoral atlantique.

Le nombre chromosomique, diploïde, des différentes populations rattachées aux cinq taxons de *F. communis* est  $2n = 22$ , celui haploïde est  $n = 11$ . Tous les caryotypes (Fig. 6-10) sont similaires aux autres espèces de fêrues marocaines. Néanmoins, des chromosomes surnuméraires ont été observés dans certaines populations : tableau 1 ; Fig. 10 et 19.

Toutes les espèces analysées ont un nombre diploïde  $2n = 22$ . Ce nombre est constant chez toutes les populations étudiées et les 22 chromosomes (Fig. 1-10) se répartissent en 7 paires métacentriques et 4 paires pouvant être de même type (subtélolocentrique) ou bien de types différents (submétacentrique et subtélolocentrique) comme le montre les différentes formules chromosomiques obtenues (tableaux 2 et 3).

Les paires I à VII (chromosomes métacentriques) apparaissent stables, tandis que les paires VIII à XI se sont révélées au contraire très variable comme l'ont montré les valeurs des indices centromériques et des longueurs relatives des chromosomes ce qui explique les différentes formules chromosomiques observées. Par ailleurs, toutes les garnitures chromosomiques présentent une paire de satellites toujours portée par des chromosomes subtélolocentriques. Les indices d'asymétrie varient peu entre les différentes espèces ce qui témoigne d'une grande similitude entre les différents caryotypes (tableau 2).

En plus des chromosomes de type A, des chromosomes surnuméraires, ou chromosomes B, en nombre variable, ont été observés chez certaines populations rattachées à *F. communis*. Ces chromosomes sont de 2 types (Fröst 1956) : des chromosomes B et des isochromosomes surnuméraires (Fig. 10).

Au niveau haploïde, en fin de diacinèse et métaphase I (Fig. 11-26) les chromosomes forment 11 bivalents qui montrent généralement 3 types de figures (Fig. 17, 19) : 7 bivalents en forme d'anneau (correspondant probablement aux chromosomes métacentriques), 3 en forme de V, plus ou moins aigu, et un bivalent en forme de bâtonnet (peut être la paire satellifère).

Aussi, l'analyse des méioses polliniques a révélé une différence dans la taille des cellules-mères (Fig. 16, 18), mais sans que le nombre chromosomique soit atteint, ainsi que des ponts liant des cellules-mères ont été observés chez plusieurs populations. Ajoutons que dans le complexe *F. commuins* on a remarqué chez certaines populations, en fin de diacinèse, des chromosomes B qui viennent s'ajouter aux 11 bivalents (Fig. 13, 19).

Tableau 2. Résumé de certains caractères chromosomiques analysés chez les différentes espèces de fêrues.

Taxons /		<i>F. tingitana</i>	<i>F. cossonia</i>	<i>F. goulimi</i>	<i>F. sauvagei</i>	<i>F. atlantica</i>	<i>F. comm. s.l.</i>
Caractères							
Chromosomes	Formule	4m+4sm+4st	14m+8st	14m+8st	14m+8st	14m+8st	14m+4sm+4st
	chromo- somique						14m+2sm+6st 14m+6sm+2st
	% I. As.	40.99	39.21	39.52	38.40	39.88	38.80 à 40.36

Tableau 3. Exemple de tableau numérique du caryotype correspondant à la figure 2 (caryotype 1), chez *Ferula communis* var. *brevifolia*, population Mamora. La longueur du chromosome est exprimé en mm le signe  $\pm$  correspond à celui de l'intervalle de confiance.

N° de la paire	Bras long	Bras court	Longueur totale	Longueur relative	Rapport BL/BC	Indice centromérique	Type chromosomique
1	8.17 $\pm$ 0.17	7.19 $\pm$ 0.33	15.36	52.38	1.14	46.81	m
2	7.94 $\pm$ 0.33	7.36 $\pm$ 0.31	15.30	52.18	1.08	48.16	m
3	8.27 $\pm$ 0.40	6.69 $\pm$ 0.35	14.96	51.02	1.24	44.72	m
4	7.62 $\pm$ 0.41	7.29 $\pm$ 20.37	14.91	50.85	1.05	48.89	m
5	7.63 $\pm$ 0.36	6.85 $\pm$ 0.37	14.48	49.38	1.11	47.31	m
6	7.89 $\pm$ 0.36	6.41 $\pm$ 0.38	14.30	48.77	1.23	44.83	m
7	7.52 $\pm$ 0.35	6.20 $\pm$ 0.41	13.72	46.79	1.21	45.19	m
8	8.10 $\pm$ 0.36	3.01 $\pm$ 0.22	11.11	37.89	2.69	27.09	Sm
9	8.03 $\pm$ 0.40	2.94 $\pm$ 0.23	10.97	37.41	2.73	26.89	Sm
10	8.35 $\pm$ 0.26	2.59 $\pm$ 0.13	10.94	37.31	3.22	23.67	St
11	8.10 $\pm$ 0.34	2.46 $\pm$ 0.19	10.56	36.01	3.29	23.36	St

## Discussion

Dans ce travail les taxons étudiés présentent tous des caryotypes similaires aussi bien par le nombre que par la morphologie des chromosomes.

A partir de l'analyse du caryotype des différents espèces étudiées le nombre diploïde apparaît constant:  $2n = 22$ . Les 22 chromosomes montrent une formule chromosomique où les 22 chromosomes s'organisent en 7 paires métacentriques et 4 paires pouvant être sub-métacentriques ou subtélocentriques dont une paire est satellifère.

Ces observations ont été rapportées par de nombreux auteurs sur différentes espèces de fêrules de provenance variée: *F. communis* de France (Cauwet-Marc 1981; El Alaoui-Faris 1993) du Maroc (El Alaoui-Faris & Cauwet-Marc 1989; El Alaoui-Faris 1993), d'Espagne (Sanchez-Cuxart & Bernal Cid 1998 ; El Alaoui-Faris 1993), d'Italie (El Alaoui-Faris 1993), de Grèce (El Alaoui-Faris 1993), de Russie (Solov'Eva & al., 1982). *F. linkii* des Iles Canaries (El Alaoui-Faris, 1993). *F. loscosii* d'Espagne (Cauwet-Marc & El Alaoui-Faris 1998) *F. tingitana* d'Espagne (Aparicio & Garcia 1986; El Alaoui-Faris 1993). Ainsi que 36 autres espèces de fêrules de Russie (Turkov & al. 1978; Solov'Eva & al. 1982).

Récemment, en 2006, en Turquie Sagiroglu & Duman rapportent le caryotype de *Ferula parva*, cependant aussi bien l'illustration que l'analyse du caryotype restent insuffisantes pour une éventuelle comparaison avec nos espèces marocaines; en Chine

Zhao & al. analysent le caryotype de *Ferula fukanensis*, leur interprétation du caryotype est similaire aux taxons marocains.

Comme il a été suggéré par de nombreux auteurs chez le genre *Ferula* malgré la forte variabilité morphologique que manifestent les différentes espèces leur caryotype reste très stable est ce n'est que par des analyses plus fines du génome qui peuvent permettre d'élucider l'extrême variabilité morphologique de ses espèces.

Signalons que les nombres  $2n = 22$  et  $n = 11$  ont été indiquées dans la littérature depuis longtemps pour de nombreuses espèces de fêrules méditerranéennes et soviétiques (Gardé & Malheiros Gardé 1949-1950 ; Reese 1957; Cauwet-Marc 1968). Cependant, la présence des chromosomes surnuméraires ainsi que les caractéristiques de la méiose, observés chez nos espèces, n'ont pas été signalés antérieurement dans le genre *Ferula* mais ont été remarqués chez d'autres *Apiaceae* (El Alaoui-Faris 1989).

## Références

- Aparcio, A. & Garcia, M. F. 1986: Nota sobre el Genero *Ferula* (*Umbelliferae*) en Andalucia. – Acta Bot. Malacitana **11**: 221-226.
- Bernardi, L. 1979: Tentamen revisionis generis *Ferulago*. – Boissiera **30**: 1-182.
- Cauwet-Marc, A-M. 1968: Contribution à l'étude caryologique de quelques Ombellifères d'Espagne. – Nat. Monspl. Ser. Bot. **18**: 201-210.
- 1981: Le genre *Ferula* L. sur le pourtour du bassin méditerranéen. – Pp. 77-87 in 106<sup>ème</sup> Congrès National des Soc. Sav., Perpignan. Sciences, **2**.
- & El Alaoui-Faris F. E. 1998: *Ferula loscosii* L.: chorologie, carpologie, développement. – Acta Bot. Barc. **45**: 189-198.
- Drude, O. 1898: *Umbelliferae* (*Apiaceae* Dol-dengewachse). – Pp. 63-250 in: A. Engler & K. Prantl.: Die naturlichen pflanzen familien, **3(8)**. – Leipzig.
- El Alaoui-Faris, F. E. 1989: Caryologie d'espèces de la famille des *Umbelliferae*. – Ann. Sc. Nat. Bot., 13 Sér., **10**: 157-169.
- 1993: Contribution à l'étude systématique du genre *Ferula* L. au Maroc. – Thèse de Doctorat ès-Sciences, Fac. Sc. Rabat.
- & Cauwet-Marc, A-M. 1989: Les populations marocaines de *Ferula communis* L. au maroc. – Bull. Amélio. Pro. Agr. Milieu Aride **3**: 91-97.
- & — 2003 : Contribution à l'étude du fruit des fêrules marocaines. – Acta Bot. Barc. **48**: 45-56.
- & — 2004: Etude du pollen de quatre espèces de fêrules (*Ferula*, *Apiaceae*) marocaines. – Fl Medit. **14**: 294-304.
- , —, Fraïgui, O., Lamnaouer, D., Gorenflot, R. 2004: Le genre *Ferula* (*Apiaceae*) au Maroc. – Rev. Cytol. Biol. Vég. - Le Botaniste **27(1-2)**: 3-19.
- Fennane, M. & Ibn Tattou, M. 2005: Flore vasculaire du Maroc: Inventaire et chorologie, **1**. – Rabat
- Fröst, S. 1957: The geographical distribution of accessory chromosomes in *Centaurea scabiosa* (*Compositae*). – Hereditas **43**: 403-422.
- Gardé, A. & Malheiros-Gardé, N. 1949-1950: Contribuição para o estudo cariologico da familia *Umbelliferae*. I. Agro. – Lusitana **11(2)**: 91-140.
- Gaussen, H., Leroy, J. & Ozenda, P. 1982: Précis de Botanique, **2**. – Paris.
- Heywood, V. H. 1971: Systematic survey of old world *Umbelliferae*. – Pp. 31-41 in "The biology and chemistry of the Umbelliferae". Ed. V.H. Heywood, Bot. J. Linn. Soc. **64(1)**.
- Jahandiez, E. & Maire, R. 1931-1934: Catalogue des plantes du Maroc, **59-75**: 120-138.

- Sanchez-Cuxart, A. & Bernal Cid, M. 1998: Estudi biosistemàtic de les poblacions de *Ferula communis* del NE de la península ibèrica i de les illes balears. – Acta Bot. Barc. (Homenage a Oriol De Bolos): 217-239.
- Siljak-Yakovlev, S. & Yakovlev, Y. 1981: Traitement des données numériques concernant le caryotype de l'espèce endémique *Centaurea derwentana* Vis. & Panacic par un programme Fortran. – God. Biol. Inst. Univ. Sarajevo **34**: 153-161.
- Solov'Eva, N. M., Pimenov, M. G., Vasili'Eva, M. G. Turkov, D. V. & Zigareva, N. N. 1982: Karyosystematics studies of the genus *Ferula* (*Umbelliferae*). – Bot. Zurn. (Leningrad) **67(9)**: 1228-1237.
- Sagiroglu, M., Duman, H. 2006. *Ferula parva* Freyn & Bornm. (*Apiaceae*): A Contribution to an Enigmatic Species from Turkey. – Turk. J. Bot. **30**: 399-404.
- Turkov, V. D., Shelepina, G. A., Pimenov, M. G. & Tichomirov, V. N. 1978: Etude caryologique des caryotypes de quelques espèces du genre *Ferula* L. (*Apiaceae*). – Bot. Zhurn. **63(8)**: 1212-1217.
- Zhao, X., Ma, X. J., Kaisar, S., Fu, C. L., Chen, R. Y. 2006 : Karyotypes analysis of *Ferula fukanensis*. – Zhongguo Zhong Yao Za Zhi **31(2)**: 114-116.

Adresse des auteurs:

Fatima Ezzahra El Alaoui-Faris\* & Anne-Marie Cauwet-Marc\*\*

\*Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences, Rabat, Maroc. E.Mail: faris@fsr.ac.ma

\*\*Laboratoire de Biologie Végétale, Faculté des Sciences, Perpignan, France.