

# BULLETIN du MUSÉUM NATIONAL d'HISTOIRE NATURELLE

PUBLICATION TRIMESTRIELLE

SECTION B

**botanique**  
**biologie et écologie**  
**végétales**  
**phytochimie**

4<sup>e</sup> SERIE T. 1 1979 N° 3

*Paru le 30 septembre 1979*

BULLETIN  
du  
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

57, rue Cuvier, 75005 Paris

Directeurs : Prs E.-R. BRYGOO et M. VACHON.

Comité de rédaction : MM. et Mmes M.-L. BAUCHOT, E.-R. BRYGOO, J. DORST, P. DUPÉRIER, C. DUPUIS, J. FABRIÈS, J.-C. FISCHER, N. HALLÉ, J.-L. HAMEL, S. JOVET, R. LAFFITTE, Y. LAISSUS, C. LÉVI, D. MOLHO, C. MONNIOT, M. VACHON.

Fondé en 1895, le *Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle* est devenu à partir de 1907 : *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*. Des travaux originaux relatifs aux diverses disciplines scientifiques représentées au Muséum y sont publiés. Il s'agit essentiellement d'études de Systématique portant sur les collections conservées dans ses laboratoires, mais la revue est également ouverte, depuis 1970 surtout, à des articles portant sur d'autres aspects de la Science : biologie, écologie, etc.

La 1<sup>re</sup> série (années 1895 à 1928) comprend un tome par an (t. 1 à 34), divisé chacun en six fascicules regroupant divers articles.

La 2<sup>e</sup> série (années 1929 à 1970) a la même présentation : un tome (t. 1 à 42), six fascicules par an.

La 3<sup>e</sup> série (années 1971 à 1978) est également bimestrielle. Le *Bulletin* est alors divisé en cinq Sections et les articles paraissent par fascicules séparés (sauf pour l'année 1978 où ils ont été regroupés par fascicules bimestriels). Durant ces années chaque fascicule est numéroté à la suite (n<sup>o</sup>s 1 à 522), ainsi qu'à l'intérieur de chaque Section, soit : Zoologie, n<sup>o</sup>s 1 à 356 ; Sciences de la Terre, n<sup>o</sup>s 1 à 70 ; Botanique, n<sup>o</sup>s 1 à 35 ; Écologie générale, n<sup>o</sup>s 1 à 42 ; Sciences physico-chimiques, n<sup>o</sup>s 1 à 19.

La 4<sup>e</sup> série débute avec l'année 1979. Le *Bulletin* est divisé en trois Sections : A : Zoologie, biologie et écologie animales — B : Botanique, biologie et écologie végétales, phytochimie — C : Sciences de la Terre, géologie et paléontologie. La revue est trimestrielle ; les articles sont regroupés en quatre numéros par an pour chacune des Sections ; un tome annuel réunit les trois Sections.

S'adresser :

- pour les **échanges**, à la Bibliothèque centrale du Muséum national d'Histoire naturelle, 38, rue Geoffroy Saint-Hilaire, 75005 Paris, tél. 331-71-24 ; 331-95-60.
- pour les **abonnements et achats au numéro**, au Service de vente des Publications du Muséum, 38, rue Geoffroy Saint-Hilaire, 75005 Paris, tél. 331-71-24 ; 331-95-60. C.C.P. Paris 9062-62.
- pour tout ce qui concerne la **rédaction**, au Secrétariat du Bulletin, 57, rue Cuvier, 75005 Paris, tél. 587-19-17.

Abonnements pour l'année 1979

ABONNEMENT GÉNÉRAL : 640 F.

SECTION A : Zoologie, biologie et écologie animales : 490 F.

SECTION B : Botanique, biologie et écologie végétales, phytochimie : 100 F.

SECTION C : Sciences de la Terre, paléontologie, géologie, minéralogie : 130 F.

**SOMMAIRE**

Th. MONOD. — Les arbres à encens ( <i>Boswellia sacra</i> Flückiger, 1867) dans le Hadramaout (Yémen du Sud).....	131
J. DUPÉRON. — Contribution à l'étude de <i>Boswellia sacra</i> : anatomie de la plantule et de la tige âgée.....	171
A.-M. CAUWET-MARC. — Connaissances caryologiques actuelles sur le genre <i>Bupleurum</i> L. (Umbelliferae) : nombres chromosomiques et nombres de base.....	191
J. CARBONNIER et A.-M. CAUWET-MARC. — Constituants du genre <i>Bupleurum</i> L. (Umbelliferae) : mise au point des connaissances actuelles.....	213

---



## Les arbres à encens (*Boswellia sacra* Flückiger, 1867) dans le Hadramaout (Yémen du Sud)

par Théodore MONOD \*

... *ubi illi lucus thure odorata Arabico.*  
Odyssée, VIII, ed. J. de Sponde, Basileae (1606 : 106) <sup>1</sup>.

**Résumé.** — Le problème des encensiers sub-arabiques est étudié à partir des données des herbiers, des observations de terrain (avec photos) et d'une revue critique des données bibliographiques. L'auteur fournit des précisions sur le statut systématique de l'espèce, sur son aire de répartition, sa biologie et son mode d'exploitation. Des notes morphologiques illustrées complémentaires sont fournies suivies d'une contribution due à Jean DUPÉRON sur l'anatomie de la plante et du bois.

**Abstract.** — The problem of incense trees is investigated from herbarium data, field observations (incl. photographs) and a critical review of available literature. The taxonomic status of the species, its geographic distribution, biology and exploitation are worked out; illustrated morphological notes are added, as also a contribution on seedling and wood anatomy by J. DUPÉRON.

---

*Tura praeter Arabiam nullis, ac ne Arabiae quidem universae...*  
Pline, H. N., XII, XXX (52).

### I. INTRODUCTION

Pline a raison : l'arbre à encens — qu'on peut appeler l' « encensier » — pousse bien en Arabie, mais pas dans toute l'Arabie...

Et c'est cette remarque qui devait se trouver à l'origine de ce travail.

Le Dr Jacqueline PIRENNE, s'attachant à l'histoire préislamique de l'encens à propos de ses recherches archéologiques et épigraphiques sur Shabwa, Qana, etc., se posait la question de savoir où poussait actuellement — et sans doute où avait poussé dans l'Antiquité sud-arabique — le *Boswellia sacra*. L'arbre s'est-il raréfié, a-t-il localement disparu ? Où étaient les peuplements ayant alimenté la Route caravanière de l'encens ?

\* Laboratoire d'Ichtyologie générale et appliquée, Muséum national d'Histoire naturelle, 57, rue Cuvier, 75231 Paris Cédex 05.

1. On aura noté que J. de Sponde fait de *lucus* un féminin (peut-être par assimilation à un nom d'arbre ?).

Il fallait que quelqu'un, sachant distinguer un *Commiphora* (arbre à myrrhe) d'un *Boswellia* (encensier), se rendit sur place pour amorcer au moins une enquête devenue d'autant plus nécessaire que l'opinion semblait se répandre que l'encensier n'existe pas (ou plus ?) au Hadramaout, donc à l'ouest du Dhofar.

Je ne puis évidemment citer ici tous ceux qui m'ont aidé au cours de cette recherche, tant sur le terrain que dans les herbiers et les bibliothèques, mais je désire cependant remercier tout particulièrement ici : le Dr A. A. MUHEIREZ, directeur du *Yemeni Centre for cultural and archaeological Research* (Aden), et ses collaborateurs ; le Dr Jacqueline PIRENNE, sans laquelle je n'eus jamais découvert le problème des encensiers sud-yéménites et moins encore eu le privilège de pouvoir participer à leur étude sur le terrain ; mon ami le Pr Ed. BOUREAU qui a bien voulu s'intéresser à l'anatomie de l'encensier ; et Mr Jean DUPÉRON, auteur du complément consacré à l'anatomie de la plantule et de la tige.

L'un des objectifs de la mission botanique (15.XII.1977-12.II.1978) qui m'avait été confiée par le *Yemeni Centre for cultural and archaeological Research* (directeur : Dr A. A. MUHEIREZ) et qui a bénéficié du concours du Ministère des Affaires étrangères (Paris)<sup>1</sup> était la recherche au Yémen du Sud des arbres à encens, si célèbres dans l'Antiquité et auxquels les archéologues et les historiens s'intéressent tant pour la reconstitution des courants commerciaux anciens ; or ces encensiers sont si rarement signalés à l'époque moderne au Hadramaout qu'on a été parfois tenté de se demander s'ils n'avaient pas disparu de la région.

Sur l'aspect historique de la question et les textes grecs et latins la concernant on trouvera le détail dans RITTER (1846), FLÜCKIGER (1864), BIRDWOOD (1870), SIGISMUND (1884), GROHMANN (1922), GROOM (1977), etc.

Une mise au point botanique récente (HEPPER, 1969) précise le statut nomenclatorial de l'espèce, dont le binom serait *Boswellia sacra* Flückiger, 1867, et la répartition de l'encensier telle que l'auteur a pu la déterminer : le croquis de HEPPER (1969, pl. XV) ne porte aucune station identifiée à l'ouest du Dhofar (Oman).

En fait, nous disposions déjà, quand j'ai commencé mon enquête, de trois séries de sources établissant la présence de l'encensier au Hadramaout.

### 1. Échantillons d'herbier

Ceux-ci sont cités dans le catalogue sud-arabique de SCHWARTZ (1939 : 127) :

- a) HIRSCH 42, Herb. Berlin.
- b) VON WISSMANN 1173, Herb. Hamburg.
- c) PAULAY, Wadi Dhaurûten, partie moyenne, près du Ras Fartak, Mahra, 7.III.1899, Herb. Univ. Vienne.
- d) PAULAY, Wadi Dhaurûten, tiers inférieur, près du Ras Fartak, Mahra, 8.III.1899, Herb. Univ. Vienne.
- e) HEIN, Wadi Gabûr (Gabûri), Mahra, 7.II.1902, Herb. Univ. Vienne.
- f) HEIN, au nord de Gishin, Mahra, 14.II.1902, Herb. Univ. Vienne.
- g) HEIN, plusieurs exsiccata sans localité précise, Mahra, I/III.1902 (un spécimen fructifié), Herb. Univ. Vienne.

1. J'ai bénéficié d'une aide du Ministère des Affaires étrangères (Direction générale des Affaires culturelles) qui a bien voulu couvrir les frais de mon voyage Paris-Aden et retour.

## 2. Renseignements

Malgré le risque de confusion, pour un non botaniste, entre les arbres à myrrhe (*Commiphora*)<sup>1</sup> et les encensiers (*Boswellia*), plusieurs témoignages paraissent devoir être retenus :

— sur la piste de Mukalla au Wadi Hadramaout : BENT (1894 : 318 ; 1895 : 119 ; 1900 : 89).

— Freya STARK (1940 : 156) : un rameau des environs d'Huraïdah le 25 février 1938.

Quant à la présence de l'espèce « to the north and northeast of Aden » (PHILLIPS : 327), si l'on peut à la rigueur admettre que le nord-est peut s'étendre jusqu'à la limite occidentale de l'encensier (région de Habban), le « nord » paraît peu vraisemblable car aucun document botanique sérieux ne corrobore cette information. Les localités « Iran » et « Iraq » citées pour *B. carteri* par UPHOF (1968 : 82) sont bien entendu fantaisistes.

## 3. Cartes de la distribution de l'encensier en Arabie du Sud

Il existe deux croquis figurant l'aréotype du *Boswellia sacra*, dus tous les deux d'ailleurs à un observateur particulièrement attentif, Hermann von WISSMANN :

— 1941, carte 3 : la limite nord des *Commiphora opobalsamum* et *abyssinica*, d'une part, du *Boswellia undulato-crenata*, de l'autre, est tracée ; pour l'encensier la limite quitte la côte au niveau des îles Kuria Muria, englobe le Dhofar et le Mahra pour se rapprocher du littoral, sans l'atteindre, vers les 50-51°E, s'en écarter notablement plus à l'ouest à la surface du Djôl et rejoindre enfin, assez brusquement, l'océan vers 46°E. Je dirai ailleurs en quoi cet aréotype doit être complété à la suite de mon voyage : il suffit pour le moment de rappeler l'existence d'un document ne laissant aucun doute sur l'existence de l'encensier en plein Hadramaout et jusqu'à une centaine de kilomètres au nord-est d'Aden.

— 1968, fig. 1 : ici les peuplements d'encensiers sont figurés par des hachures et l'on note ainsi le Dhofar, la région de Ras Fartak, l'hinterland de Mukalla, le Wadi Hajr, la région de Magfat.

En conclusion, on doit reconnaître que, contrairement à certaines affirmations récentes, le *Boswellia sacra*, même s'il ne se trouve pas partout au Yémen du Sud aussi abondant qu'au Dhofar, était déjà connu, signalé et récolté en plusieurs régions situées à l'ouest de ce dernier pays, et Freya STARK (1934 : 272) avait tout à fait raison : « Incense still grows in the Hadhramaut valleys ».

Il suffisait d'ailleurs pour s'en convaincre de consulter l'étonnant « Südarabien als Wirtschaftsgebiet, 1. Teil » de GROHMANN (1922) où l'on trouve (p. 138-139) une liste de localités sud-arabiques d'après GLASER, MILES, les BENT, WELLSTED, MÜLLER et CRUTTENDEN : la limite occidentale se situe vers Habban et la chaîne himyarite (47°E), la limite

1. Quand von WISSMANN (1977 : 36, note 54) parle d'après PIRENNE d'encensiers « abondants » (« reichlich Weihrauchbäumchen ») au sud de Shabwa, il s'agit essentiellement d'arbres à myrrhe : si le *Boswellia* existe aux environs de Shabwa, il ne peut guère y être « commun ».

orientale vers Hasik (55°23'E), « also um mehr als 5° weiter nach Westen ... als Carter annahm... » (p. 134) et l'auteur conclut judicieusement (*eod. loco*) : « Solange gesicherte Angaben, auf Grund genauer Erforschung der in Betracht kommenden Gegenden nicht vorliegen bleibt auch die Frage nach der Ausdehnung der alten *regio turifera* und was damit zusammenhängt eine unentschiedene ». C'est l'évidence : historiens et archéologues auront ici besoin de la collaboration du botaniste.

Les stations visitées par moi, certes en petit nombre mais dont la découverte et l'accès ne sont pas toujours très faciles, ne représentent évidemment que des observations ponctuelles, isolées à l'intérieur de l'aire générale de répartition de l'espèce.

## II. STATIONS VISITÉES OU IDENTIFIÉES PAR RENSEIGNEMENTS EN 1977-1978

J'ai dit dans l'introduction où en étaient nos connaissances quant à la présence de l'encensier au Yémen du Sud quand je me suis rendu sur place.

Les stations suivantes ont été visitées<sup>1</sup> :

*I.* Wadi Himan, plateau rive gauche, un peu en aval d'al-Lasb, env. 14°41'N-49°08'E, alt. env. 100 m, Th. M. 16597 et 16598, 25.XII.1977.

Les encensiers (une heure à pied au nord-est, à partir de l'oued) poussent dans les petits oueds du plateau calcaire (avec *Acacia* sp., *Commiphora* spp., *Lavandula*, *Fagonia* spp., Composée 16591, *Tephrosia apollinea*, *Farsetia longisiliqua*, Mimosacée 16599/16623).

*II.* Wadi Himan, plateau rive gauche, env. de Lubaib, env. 14°41'N-49°04'E, alt. env. 300 m, Th. M. 16633, 26.XII.1977. Même type de station que *I* : les *mogar* dans des ravins, du plateau calcaire.

*II bis.* Palmeraie de 'Arfa, au nord-ouest de Shahr, env. 14°56'N-49°28'E, alt. env. 320 m, Th. M. 16651, 27.XII.1977, 3 exemplaires, cultivés, obtenus de boutures prélevées dans la région.

*III.* Aduma, env. nord de Wasit (au nord de Shahr), env. 14°52'N-49°34'E, alt. env. 230 m, Th. M. 16684 et 16685, 28.XII.1977, fig. 1-2.

Ravins d'un plateau calcaire couvert de galets ; le plus gros arbre : env. 3-4 m, diam. au sol : 40-50 cm.

*IV.* Affluent de droite du Wadi al-Lazik, au nord-nord-ouest de Terim, env. 16°18'N-48°51'E, alt. env. 900 m, Th. M. 16931, 4.I.1978, fig. 3.

Fond du ravin, à cailloutis et par places à dalles, calcaires ; 3 exemplaires (1 souche, 1 ex. normal, 1 très mutilé par le prélèvement de boutures).

*IV bis.* Rive droite du Wadi Hadramaout près de Terim, immédiatement en amont du barrage de Seder Fellahin, plusieurs dizaines de boutures (env. 40 ?), prélevées dans le Wadi al-Laziq (cf. n° IV) et plantées en décembre 1977.

*V.* Al-Suwaïdif, ravin rive droite du Wadi al-Khûn, au nord de Qasam (Wadi Hadramaout), env. 16°11'N-49°06'E, alt. env. 700-800 m, Th. M. 16948, 5.I.1978, fig. 4.

1. Sauf mention contraire, les spécimens rencontrés étaient tous feuillus, mais stériles, sans fleurs ni fruits.

Une heure à pied dans le ravin à partir de la petite palmeraie d'Al-Suwaïdif ; un *Boswellia* de 3-4 m (il y en aurait 5-6 plus haut dans le même thalweg et une trentaine (?) dans le ravin suivant, au nord).

*VI.* Khal 'ah, rive gauche du Wadi Adim (Idim), en amont de Salé, env. 15°03'N-48°52'E, alt. env. 920 m, Th. M. 17085, 10.I.1978, fig. 5.

Un *Boswellia* à 15 minutes du village de Khal'ah (rive droite), perché dans une niche du plateau calcaire (5-6 m de haut, diam. au sol : env. 1 m) ; 1 exemplaire jeune (env. 15 cm) à proximité.

*VII.* Wadi Saiqah (Shaab Umm al-Laban [« Ravins de la mère de l'encens »]), rive gauche du Wadi Du'an, près Sif, env. 15°19'N-48°18'E, alt. env. 1 100 m, Th. M. 17180, 14.I. 1978, fig. 6 et 8.

Plusieurs spécimens dans le ravin d'Umm al-Laban, le plus grand (6-7 m, diam. au sol : env. 1 m), exploité, plusieurs autres en aval (p. ex. 6-7 m, exploité).

*VIII.* Shaab Shafûr, rive gauche du Wadi Du'an, près d'Al-Khuraibah, env. 15°-08'N-48°18'E, alt. env. 1 200 m, Th. M. 17201, 15.I.1978, fig. 9-10 pl. IV.

A 45 minutes de Khuraibah, en grimpant la falaise dominant le village ; une dizaine d'exemplaires dans la Shaab Shafûr, de belle taille et exploités.

*IX.* Wadi al-Siyal, affluent de gauche du Wadi Hâjr, au nord-ouest de Sidarah, env. 14°35'N-48°02'E, alt. env. 520 m, Th. M. 17283, 18.I.1978.

Un exemplaire isolé, en situation anormale, dans un oued plat en partie sableux.

*X.* Shaab Meher, environs ouest de Sheruj (cuvette de Yibath), env. 14°44'N-47°47'E, alt. env. 1 040 m, Th. M. 17298 et 17299, 18.I.1978, fig. 11.

De Sheruj, à 25 minutes de voiture, sur le plateau rive droite, plusieurs *mogar* dans la Shaab Meher, dont un très gros, estimé haut de 8-10 m, diamètre au sol : env. 1 m.

*XI.* Shaab Smaha, environs nord de Moged au nord d'Al-Hami, env. 14°50'N-49°45'E, alt. env. 180 m, Th. M. 17355, 22.I.1978, fig. 7.

Plusieurs *mogar* dans un oued plat à galets calcaires, exploités ; un sur le reg sommital du plateau.

*XII.* Shaab Badakhan, localité voisine de la précédente, Th. M. 17356, 22.I.1978.

*XIII.* Shaab al-Awesiye, au nord-ouest de Dis, env. 14°54'N-49°50'E, alt. env. 200 m, Th. M. 17384 et 17385, 23.I.1978, fig. 12 et pl. IV, 6.

A partir d'Al-Hami : 20 minutes en voiture et 50 minutes à pied ; des *Boswellia* dans l'oued, d'autres, plus petits, sur les versants.

*XIV.* Ravin rive droite du Wadi al-Madi, à l'est d'Al-Raideh, 15°02'N-50°26'E, alt. env. 10-20 m, Th. M. 17413 et 17414 (fruits, secs), 24.I.1978, fig. 13-15.

*XV.* Shaab Erfûl (avec le lieu-dit Khorbet Somal, la « Chambre des Somalis », abri sous roche fréquenté par les récolteurs d'encens), près d'Hadhathhum, env. 15°02'N-50°28'E, alt. env. 220 m, 24.I.1978.

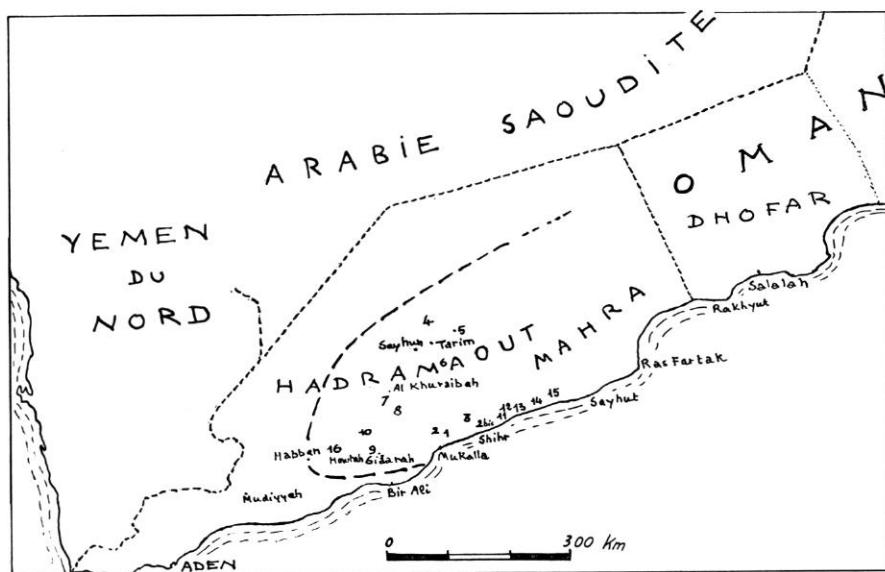
A partir de Hadhathhum : 1/2 heure en voiture et 1/2 heure à pied ; assez nombreux petits *Boswellia* dans le ravin lui-même et sur ses versants.

*XVI.* Shaab Yembuk, affluent de gauche du Wadi Amaqin, un peu en amont d'Al-Hautah, env. 14°19'N-47°25'E, alt. env. 690 m, Th. M. 17446 (fruits et boutons floraux ramassés à terre, secs), 28.I.1978, fig. 20-50.

A partir du Wadi Amaqin, environ 1/2 heure à pied<sup>1</sup> ; un très gros *mogar*, très entamé par les récolteurs ; à l'entrée de l'oued, sept *Boswellia* sur la petite falaise de la rive gauche.

Un certain nombre d'informations recueillies sur place méritent sans doute de se voir signalées ici. Je les énumère en les regroupant autour des stations décrites plus haut et sans le numéro d'ordre de ces dernières :

- Zone I : toute la chaîne du Djebel Badjembokh ;
- Zone II : Djebel Bashmûn (ouest de Lubaib) ;
- Zone VIII : Le Djol à l'ouest de Khuraibah, p. ex. le Wadi Numai et le Wadi Tineibah, ou au sud, p. ex. la Wadi Ghâr Hân<sup>2</sup> ;
- Zone IX : les ravins Shaab Tagina, Shaab Hather, Shaab 'Uteg, Saik al-Hajar, Saik Bigenaf ;
- Zone X : al-Raudah, Wadi Amaqin, Lahiya (Lemanter), Azzan (région), Wadi Salmun, 'Amad (47°10'E), Djebel Kadur (47°15'E), al-Mithaf (47°18'E) ;
- Zones XI-XII : Shaab al-Habadha et au nord-est de Hami : Shaab en-Nûf, Shaab Addibâg, 'Ard al-Djamba, Ard Beni Adjel ;
- Zones XIV-XV : toute la chaîne dominant le littoral au nord-ouest.



Position « approximative » des 16 stations citées et, en tiretés, limite occidentale possible de l'aire de l'encensier sud-arabique.

1. A l'entrée de Shaab Yembuk, un abri bédouin au pied de la falaise rive droite et plusieurs inscriptions préislamiques au pied de la falaise rive gauche.

2. On notera aussi le Wadi Bin Ali (BENT, 1900) et l'exemplaire vu par Freya SHARK près de Huraidah le 25 février 1938.

### III. L'ARBRE : GÉOGRAPHIE, PEUPLEMENTS, EXPLOITATION

#### 1. L'arbre : son statut systématique

La conspécificité de tous les *Boswellia* sud-arabiques est-elle tout à fait certaine ? HEPPER en 1969 la juge probable sans toutefois la tenir pour absolument établie, car il pourrait y avoir quelques différences, au Dhofar, entre les spécimens côtiers et ceux de la steppe du Najd, dans l'intérieur. Il est vrai que les photographies d'exemplaires côtiers (PHILLIPS, 1966, phot. face p. 210 et HEPPER, 1969, pl. XII, fig. 1-2) ont un port différent, buissonnant, de celui des encensiers de Hadramaout qui sont de petits arbres, sans doute, mais des arbres. Cette différence est-elle significative ? Sans doute pas, puisque les photographies publiées par THOMAS (1932, face p. 122) et par LAVRANOS (1967a, fig. 5) d'un exemplaire du Dhofar, et celle de WELSTEIN (1944, fig. 550) d'un *mogar* de Ras Fartak (Mahra) représentent des arbres tout à fait comparables à ceux que j'ai pu étudier plus à l'ouest.

On doit cependant rappeler que PETER en 1903 (p. 513) avait rapporté l'opinion de SIMONY touchant l'existence au Mahra de deux types phisyonomiques, l'un étant un arbre, l'autre un buisson, et passant pour les Yéménites pour représenter deux sexes : un « mâle » (l'arbre) et une « femelle » (le buisson) <sup>1</sup>.

HEIN (1914 : 57) avait également noté un classement local des arbres en « mâles » et « femelles », ajoutant que les premiers ne se bouturent pas, tandis que les seconds reprennent après transplantation, « wenn Regen eintritt ».

Il peut bien entendu s'agir de simples écotypes, correspondant à des conditions stationnelles diverses, et par conséquent sans signification systématique véritable.

On le saura quand Mahra et Dhofar auront été prospectés avec soin mais, pour le moment, compte tenu de ce que nous savons aujourd'hui, je ne vois pas de raison sérieuse de mettre en cause la conspécificité des encensiers à travers toute leur aire sub-arabique (Hadramaout, Mahra, Dhofar).

Ajoutons enfin que l'on a pu aller jusqu'à imaginer l'existence possible non plus de deux espèces mais de deux genres (VAN BEEK, 1958 : 142).

Il me paraît impossible de ne pas conclure que dans l'état actuel de nos connaissances il n'existe dans l'Arabie du Sud qu'une seule espèce d'encensier, le *Boswellia sacra*, répandu dans l'est du Yémen du Sud (Hadramaout et Mahra) et dans l'ouest de l'Oman (Dhofar).

Si tel est bien le cas, on devra reconnaître à l'encensier yéménite la synonymie suivante :

#### ***Boswellia sacra* Flückiger, 1867**

1847. *Boswellia thurifera* : CARTER, légende pl. 28 (nec Roxburgh ex Flem., As. Res. XI, 1810 : 158).

1864. *Boswellia papyrifera* : FLÜCKIGER : 240 (nec *Amyris papyrifera* Delile, 1827).

1867. *Boswellia sacra* Flückiger : 31, 32.

1. Cette observation est à rapprocher du nom que SCHWEINFURTH (1912 : 9) attribue à la gomme-résine du « *Boswellia Carteri* » sur le marché du Caire : liban-dhakar ou « encens mâle ».

1870. *Boswellia Carterii* Birdwood : 143-144 (*pro parte : excl. spec. africana*), pl. 30 (var. « Maghrayt d'Sheehaz »)<sup>1</sup>.
1874. *Boswellia Carterii* : FLÜCKIGER & HANBURY : 120, *pro parte* (var. *C*, Carter, 1847, pl. 23 et Birdwood, 1870 : 30).
1874. *Boswellia Carterii* : COOKE, pl. I.
1878. *Boswellia Carterii* : FLÜCKIGER et HANBURY : 266-267, fig. 77-79 (var.  $\alpha$ , « Maghrayt d'Sheehaz »).
1878. *Boswellia Carterii* : HILDEBRANDT : 196 (« eine Form von *B. Carteri* welche in den Bergen Hadramauts in Süd-Arabian wächst »).
1878. *Boswellia sacra* : FLÜCKIGER : 808.
1880. *Boswellia Carterii* : BENTLEY & TRIMEN, pl. coul. 58 (et texte : 8 p. n. num.), *pro parte* car les auteurs citent en synonymie : CARTER, 1847, pl. 23 et BIRDWOOD, 1870, pl. 29, 30 et 31 ; la planche en couleurs a été dessinée *d'après nature* sur l'échantillon Hildebrandt 1381 (Brit. Mus.), de Somali.
1880. *Boswellia sacra* « Flück. ex Hanb. » (*sic*) : BENTLEY & TRIMEN, texte de la pl. 58.
1883. *Boswellia sacra* : FLÜCKIGER : 38.
1883. *Boswellia Carteri*, var.  $\alpha$ , *undulato-crenata* Engler : 33 [Arabie, *excl.* Hildebrandt 1381].
1883. *Boswellia Carteri*, var.  $\beta$ , *subintegra* Engler : 34. En 1969 (p. 72) HEPPER place la var. *subintegra* d'ENGLER, 1883, dans la synonymie de *B. Carteri*, donc d'une espèce africaine ; or ENGLER donne (1883 : 34) pour la var.  $\beta$  (*subintegra*) la provenance : « *Ras Fertak, in saxis calcareis* » et « *pr. pagum Merbet* » : il s'agit donc bien de spécimens *sud-arabiques*.
1889. *Boswellia Carteri* : TSCHIRCH : 499.
1894. « frankincense trees » Bent : 318, 319.
1895. *Boswellia Carteri* : W. B. H. in BENT : 133.
1896. *Boswellia Carteri* : ENGLER : 346, fig. 144 (d'après BIRDWOOD, pl. 30), incl. *B. sacra*.
1897. *Boswellia Carteri* : HIRSCH : 302 (Hadramaout).
1897. *Boswellia Carteri* : HIRSCH : 302.
1899. *Boswellia* sp., MÜLLER, SIMONY & KOSSMAT : 639 (Mahra, au nord de Ras Fartak).
1899. *Boswellia sacra* : LEVESQUE, col. 1768, fig. 559.
- 1899 [et 1900]. *Boswellia Carteri* : JACOB DE CORDEMOY : 289, fig. 47/1 d'après BIRDWOOD, spécimen sub-arabique.
1903. *Boswellia Carteri* : PETER : 513-534, pl. I-III, (« Simony coll. », mais les exsiccata de l'herbier Univ. Vienne sont attribués à PAULAY) ; des exemplaires en culture à Vienne — Il s'agit du seul travail anatomique existant, à ma connaissance, sur le *Boswellia sacra*.
1906. *Boswellia Carteri* : TSCHIRCH : 411 (incl. *B. sacra*).
1910. *Boswellia Carteri* : GUILLAUMIN, fig. p. 44 (d'après BIRDWOOD, pl. 30).
1911. *Boswellia Carteri* : WHEMER : 408 (*pro parte*).
1913. *Boswellia undulato-crenata* : ENGLER : 448, *excl.* Hildebrandt 1381.
1915. *Boswellia Carterii* : BLATTER : 152-153.
1919. *Boswellia Carterii* : BLATTER : 112.
1923. *Boswellia Carterii* : GUILLAUMIN : 104, fig. 3 (d'après BIRDWOOD).
1931. *Boswellia undulato-crenata* : ENGLER : 422.
1936. *Boswellia Carteri* : STARK : 14.
1939. *Boswellia undulato-crenata* : SCHWARTZ : 127.
1939. *Boswellia undulato-crispata* (*sic*) : SCHWARTZ : 127.
1940. *Boswellia Carteri* : STARK : 156 (rameau fleuri, sur le Djol près de Hureidha, 25.II.1938).
1944. *Boswellia Carteri* : ROQUES : 411, fig. 322 (*pro parte*).
- ? 1964. *Boswellia carteri* : ENGLER, fig. 107 D.
- 1964-65. *Boswellia carteri* : BALSAN : 126.
- 1967a. *Boswellia carteri* : LAVRANOS : 169, 170, fig. 5.
1968. *Boswellia carterii* : SCHMIDT : 95.
1969. *Boswellia sacra* : HEPPER : 67, 71, 72, fig. 1 et pl. XII (fig. 1-2).
1976. *Boswellia carteriana* (*sic*) : SCHNELL : 352.

1. Le *B. Charteri* de DRAGENDORFF (1898 : 366) est bien entendu une coquille.

1977. *Boswellia sacra* : GROOM : 81, 83.

1977. *Boswellia carterii* (pro parte) : TESSIER, NOLOT et DELAVEAU : 183.

La synonymie fournie plus haut accepte, on l'aura constaté, les conclusions de HEPPE sur l'autonomie spécifique de l'encensier yéménite que BIRDWOOD ne séparait pas du *B. carteri* de Somalie et dont ENGLER faisait tout au plus une variété de ce même *B. carteri*.

On se trouve ici en face d'un problème délicat mais que connaissent bien les floristes : des exsiccata identiques, ou du moins impossibles à séparer sur des critères simplement morphologiques, seront-ils nécessairement tenus pour conspécifiques si d'autres caractères de discrimination existent mais non reconnaissables en herbier ?

Les meilleurs spécialistes (F. N. HEPPE, *in litt.*, 22.VI.78 et D. HILLCOAT, 25.IV.78) reconnaissent la très grande similarité, en herbier, des *B. sacra* et *carteri* : j'ai moi-même examiné au British Museum et à Kew de nombreux échantillons prouvant l'extrême ressemblance des deux espèces, mais aussi d'ailleurs la variabilité étendue des exemplaires (p. ex. forme du fruit ou dimension comme forme des feuilles).

Il reste, et c'est l'argument le plus solide en faveur d'une séparation au niveau spécifique, que le port serait, lui, tout à fait différent. Celui du *Boswellia* sud-arabique est bien connu (cf. p. 137, fig. 1-15 et pl. I, II, III et IV) avec une ramification débutant dès le niveau du sol, tandis que le *B. carteri* possède, d'après la pl. XIII de HEPPE (1969) un tronc

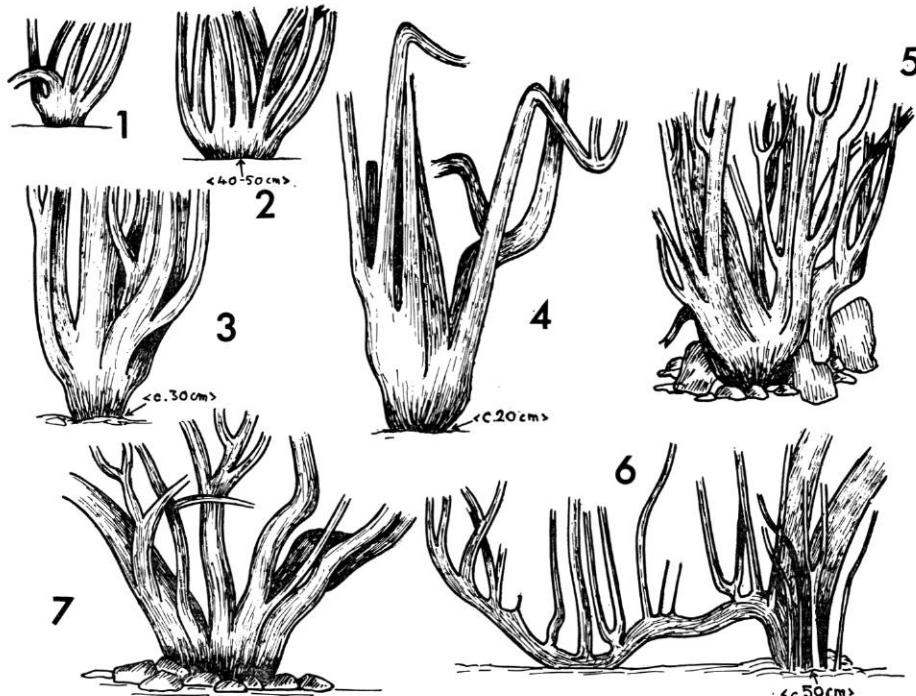


FIG. 1-7. — *Boswellia sacra* (Hadramaout) : 1-2, station III ; 3, station IV ; 4, station V ; 5, station VI ; 6, station VII ; 7, station XI.

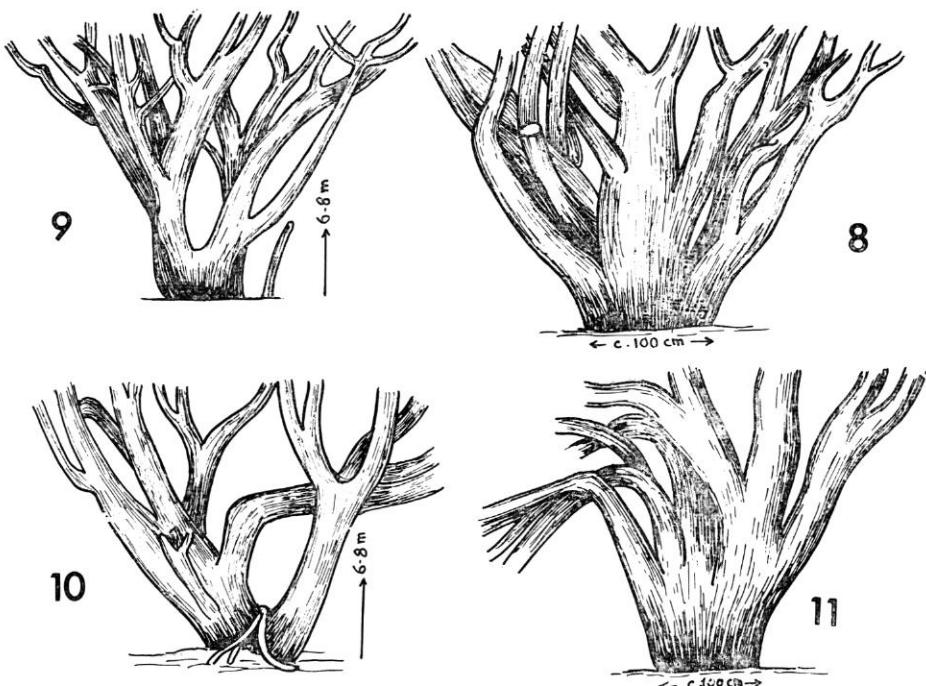


FIG. 8-11. — *Boswellia sacra* (Hadramaout) : 8, station VII ; 9-10, station VIII ; 11, station X.

véritable et qui, de plus, porte (au moins sur le spécimen photographié) une dilatation à la base du tronc comparable à celle décrite chez *B. frereana*. Il faudrait évidemment être bien certain que les caractères du *B. carteri* observables sur la pl. XIII de HEPPER (port érigé et dilatation basale) sont constants et se retrouvent chez tous les exemplaires de l'espèce. Et attendant qu'il soit possible de le vérifier sur place, on ne peut que se rallier à l'opinion de HEPPER. Tout au plus pourrait-on s'interroger sur le niveau taxonomique où doit se faire la séparation : espèce, sous-espèce ou variété ? Il serait évidemment pré-maturé d'en décider.

Ajoutons enfin quelques mots sur le nom vernaculaire de l'encensier au Yémen du Sud. On trouve dans la littérature un assez grand nombre de graphies du mot que je crois avoir entendu : *mogar*, par exemple : *mäqär*, *muger*, *mughur*, *mogher*, *mgar* (en mehri), *mgor* (au Dhofar), *magher*, *makur*, *makker*, *makkar*, *maghrayt*, *moghara*, *mohor*, *mgajrot*. Ce sera au linguiste de nous éclairer, si faire se peut, sur l'origine de ce mot (ou de ces mots ?) dont il n'est pas certain qu'il appartienne à l'arabe. On notera cependant qu'en hassaniyya, au Sahara occidental, une plante, d'ailleurs à latex, le *Launaea resedifolia* (Composée) est appelée *mekör*.

GROHMANN (1922 : 135, note 1) s'est demandé si *mgajrot* ou *mohr* ne pourraient pas avoir quelque relation avec le θυμιανα τὸ λεγόμενον μοκρότου du *Periplus* (§ 9).

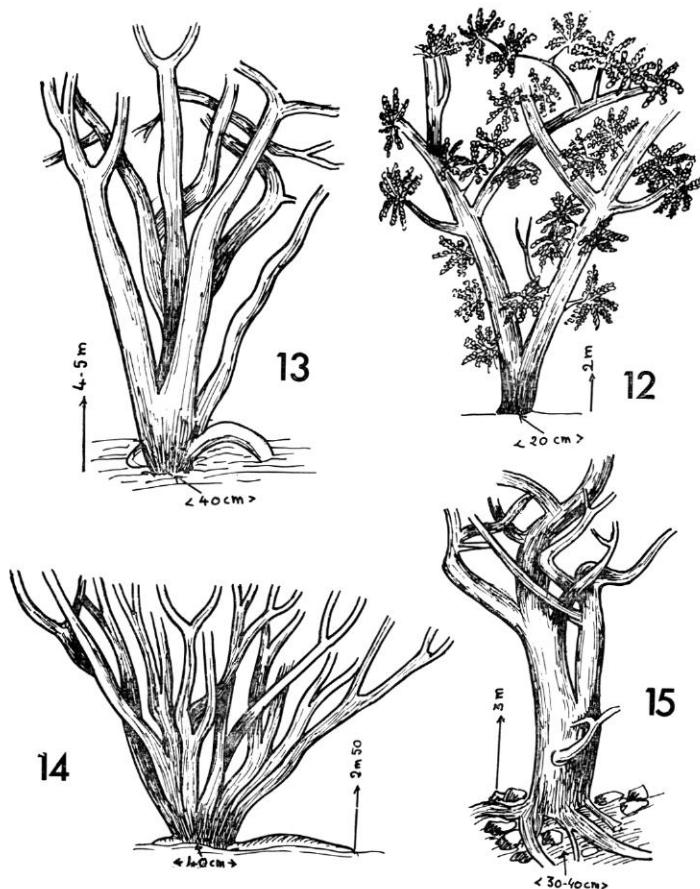


FIG. 12-15. — *Boswellia sacra* (Hadramaout) : 12, station XIII ; 13-15, station XIV.

On retrouve en Éthiopie les mots *mäqar*, *magher*, *makker* mais pour désigner *B. papyrifera* (cf. LEMORDANT, s.d. : 35, et MOONEY, 1963 : 49).

Quant à l'encens d'origine africaine importé au Yémen (principalement comme mastiqatoire), son nom local a été transcrit : *mati*, *matti*, *mayti*, *maitee*, *maiti*, *meyti*, *maidi*, *meidi*, *meydi*, *meyeti*, *medi* ; je crois avoir entendu *miti*. Ici l'étymologie serait plus claire s'il s'agit d'une allusion à un port exportateur somali Bender Mayt.

## 2. L'aire de l'encensier sud-arabique

Si l'on tente de définir les principales régions du Hadramaout où est attestée la présence de *Boswellia sacra*, et où ce dernier est encore exploité aujourd'hui, je pense que l'on

peut en accepter quatre : Wadi Du'an ; Wadi Hadr-Yibath ; région Habban-Hautah-Azzan ; arrière-pays montagneux de Mukalla, cette zone se prolongeant évidemment vers le nord-est (stations XI-XV) et se continuant ensuite, certainement, à travers la Mahra jusqu'à dans le Dhofar.

On peut ajouter que plusieurs toponymes peuvent faire allusion à l'encens sud-arabique<sup>1</sup> :

- *Liban*, près Qishn (Mahra) : carte RICKARDS (1929), G. J., 1931.
- *Libna* (Qalet, Wadi Hadr) : von WISSMANN & HÖFNER, 1953 : 93 et *sqq.*
- *Libna* (T) : Libnat Ba Rashaid, Djôl au sud du Wadi Du'an.

Rappelons aussi que le « *Sariba* » de Pline (« *regio thurifera Sariba appellata* ») située à huit étapes de Shabwa a été rapproché par GROOM (1977 : 86) du *Sarab* actuel.

En ce qui concerne le problème historique, je crains un peu, à vrai dire, que quand il s'est agi de retrouver l'origine de l'encens « classique », au lieu de rechercher l'aire de distribution d'une espèce végétale, travail de botaniste, on ait été tenté une fois de plus<sup>2</sup> d'accorder parfois aux textes anciens plus d'exactitude et de précision qu'ils n'en comportaient. D'où tant de commentaires érudits et de savantes exégèses sur des textes dont aucun d'ailleurs n'apporte un témoignage direct, une description notée sur place, des orientations, des distances acceptables. En réalité les renseignements fournis — obtenus à travers combien d'intermédiaires souvent ? — restent en général bien vagues. Le parfum de l'encens embaumant des navires en mer (Diogène) ne peut être qu'une poétique hyperbole car l'arbre est sans odeur<sup>3</sup> ; les nuages et les brouillards de la région productrice (*Periplus*) concernent évidemment les hauts-plateaux, le Djôl, mais ceux-ci s'étendent du Hadramaout occidental au Dhofar, sur plus de 1 000 kilomètres ; quant aux « huit jours » séparant Shabwa du pays des encensiers (Pline), à les supposer conformes au texte original, ils peuvent très bien concerter la distance à partir de laquelle on commence à trouver des encensiers.

Bien entendu l'existence d'une Route de l'encens Qana-Shabwa, etc., n'intéresse que des transports commerciaux, caravaniers et non — ou seulement pour une faible part (p. ex. Wadi Hadr) — l'origine géographique réelle de la marchandise : les caravanes s'enfonçant dans l'intérieur à partir du port de Qana ne pouvaient évidemment emporter que de l'encens arrivé par mer sur la côte himyarite, essentiellement de l'est, des nombreuses escales jalonnant la côte sud-arabique, de Qana au Dhofar, mais probablement aussi de la proche Afrique somalienne où abondent d'autres espèces de *Boswellia*.

Entre Qana et Shabwa l'encens du Wadi Hadr ou du Wadi Du'an pouvait rejoindre le courant principal.

L'idée d'une division des aires productrices en deux provinces, l'une occidentale, l'autre orientale, judicieuse dans son principe, reste sans doute un peu schématique. En effet, il paraît y avoir, plutôt que deux provinces distinctes (en gros : Hadramaout et

1. On peut se demander si la racine LBN n'a pas désigné d'abord le lait : MILLER (1969 : 30) n'écrit-il pas : « *libanos* the white or milky incense » ? Et il faut reconnaître qu'à voir perler sur la carre les premières gouttelettes de l'encens la première comparaison venant à l'esprit est avec le lait pour la couleur et, pour la consistance, avec le lait condensé sucré.

2. Comme pour tant d'autres questions, par exemple celle d'éventuelles navigations anciennes sur la côte occidentale d'Afrique.

3. C'est seulement en s'approchant à la toucher d'une écorce entamée qu'on peut reconnaître l'odeur de l'encens.

Dhofar), une seule aire générale, mais à l'intérieur de laquelle la densité des encensiers est assez variée pour que les parties occidentale et orientale de l'aréotype soient, quant au taux de peuplement, très différentes. On peut penser qu'il s'agit en réalité d'un gradient plus ou moins continu, passant des stations tout de même très dispersées de l'ouest aux peuplements plus denses, et par place quasi forestiers, du Dhofar.

Ce qui compte, c'est l'aire globale et ses limites.

Si l'on admet les conclusions taxinomiques de HEPPEL (1969) et l'autonomie spécifique de l'encensier sud-arabique (*Boswellia sacra* Flückiger, 1867 = *B. carterii* Birdwood, 1870 *pro parte*) on peut, sans modifier beaucoup d'ailleurs les données fournies par von WISSMANN dès 1941 (carte 3) admettre une aire dont la limite intérieure, continentale, quitterait la côte vers 55°E pour contourner le Dhofar (et ses trois zones : plaine côtière-montagne (plateau)-steppe), se prolonger à travers le Hadramaout, en passant même assez au nord du Wadi (cf. mes stations IV-V), alors que von WISSMANN plaçait la limite nord de l'arbre plus au sud, sur le Djôl, et rejoindre enfin la côte, après avoir passé aux environs de Shabwa, probablement vers 47°E, donc un peu moins loin vers l'ouest que ne le figurait von WISSMANN (46°E).

Si l'existence de l'encensier en de nombreux points du Hadramaout se trouve désormais confirmée, à l'intérieur de cette aire il n'est pas douteux que la densité des peuplements doit être variable suivant les régions et comme il faut bien que l'aréotype d'une espèce finisse quelque part il se pourrait bien que, vers le nord, mes stations IV-V représentent une limite extrême.

Nul ne doute que le Dhofar — j'y reviendrai — ne soit, *actuellement* en tous les cas, pour l'espèce une région privilégiée.

Dans le Hadramaout il est évidemment très difficile de se faire une idée de la densité de peuplements en fait le plus souvent linéaires ; à une station donnée on ne rencontre, dans le ravin, que quelques exemplaires à la fois et il faudrait pouvoir suivre la vallée pour effectuer des comptages, et poursuivre ceux-ci dans les thalwegs adjacents, c'est-à-dire, de proche en proche, couvrir la montagne, travail à coup sûr impossible, évidemment.

S'il existait une bonne couverture photographique aérienne, à une échelle adéquate (1/50 000 p. ex.), on pourrait tenter de compter les *mogar* dont les gros exemplaires (feuillus) pourraient peut-être se révéler identifiables.

Je n'ai donc aucune donnée objective sur l'abondance de l'espèce dans la région visitée, où il est toutefois certain que l'encensier ne se présente jamais en peuplements « étalés », comme il peut le faire parfois au Dhofar, ce que montre une photographie publiée par Wendell PHILLIPS en 1966 (face p. 47).

Si l'essentiel des exportations antiques partait de Shabwa vers le nord par la grande piste caravanière Hadramaout-Méditerranée<sup>1</sup>, ce point de départ était sans doute alimenté encore non par la route unique décrite par Pline mais par une série d'artères convergentes.

On ne peut en effet qu'approuver BOWEN lorsqu'il écrit (1958 : 38) : « Many people have been obsessed with the idea that there was one single route — the incense route — from the southern shores of Arabia to northern Arabia ... There is no reason to assume

1. Une partie de la production, en particulier de celle du Dhofar, empruntait sans doute encore d'autres routes, comme le figurent les cartes de SCHMIDT (1968 : « the Incense Trail ») et de Wendell PHILLIPS (1966, carte n° 4, p. 181).

that there was ever *one single route* north for the southern shores of Arabia. Undoubtedly there was always several routes in existence ».

Wendell PHILLIPS (1966 : 179) de son côté remarque pertinemment que « *there was never one incense road in the sense of Pliny's single narrow road ... but always minor feeder routes and several major overland routes* », par exemple : du Wadi Mitan et Fasad vers le nord-ouest en écornant l'Empty Quarter, le long du bord sud de ce dernier vers Shabwa, Marib, etc., enfin en direction du nord-est vers Gerrha.

Si l'on admet que le pays « libanophore » couvrait, ou avait fini par couvrir, à la fois Hadramaout, Mahra et Dhofar pour le Sud-Arabique<sup>1</sup>, on comprend aisément que l'encens destiné à la route principale pouvait atteindre celle-ci (à Shabwa en particulier) :

a — *Par voie de terre*

— du Dhofar (ou du Mahra) au Hadramaout par un trajet plus ou moins direct, dont von WISSMANN & HÖFNER donnent quelques éléments (1953 : 141) par le Wadi es-Sôm ou le Wadi Jeshub — le Djôl — le Wadi Jiza, qui mène à al-Ghaida ; INGRAMS (1966) figure cette dernière piste sur sa carte. Deux cartes de von WISSMANN (1964, fig. 1 et 1975, fig. 1) figurent une piste transversale Hadramaout-Najran, passant un peu au nord de Shabwa.

— de la côte (à partir principalement de l'actuel Seihut) à Shabwa par le Wadi Masila (BOWEN, 1958 : 41). Cette piste aurait été suivie du Hadramaout à Saihut (par le Wadi Masilah) par Malik bin Fahn quand il a émigré du Yémen (2<sup>e</sup> siècle A.D.) (Wendell PHILLIPS, 1971 : 5)<sup>2</sup>. On retrouvera la piste directe Dhofar-Shabwa (ou plus exactement Dhofar-Najran avec figuration sur Shabwa) dans deux cartes de von WISSMANN, de 1964 (fig. 1) et de 1975 (fig. 1).

b — *Par voie mixte, maritime et terrestre*

L'encens chargé sur la côte du Dhofar ou du Mahra pouvait débarquer en divers points du littoral et tout spécialement, bien entendu, à Qana, le port le plus proche de Shabwa et tête de ligne, sinon de la « Route de l'encens », du moins d'une des pistes caravanières les plus célèbres.

On n'oubliera pas ici, naturellement, que l'encens somalien a pu, lui aussi, et très tôt peut-être, se voir importé dans l'Arabie du Sud<sup>3</sup>.

A l'intérieur de l'aire actuelle de l'espèce il n'est pas douteux que la densité des peuplements doit être variable suivant les régions et il est possible que des stations comme mes n<sup>o</sup>s IV-V par exemple représentent vraiment des limites extrêmes. Nul ne doute que le Dhofar présente des caractères climatiques particuliers, en rapport avec son exposition à la mousson d'été du Sud-Ouest, jouit d'un pluviosité supérieure à celle de l'Hadramaout et possède une végétation manifestement plus riche<sup>4</sup> : le Dhofar est « quite an abnormal

1. Je spécifie, car rien n'empêche de penser que l'encens africain soit apparu très tôt en Arabie.

2. Wendell PHILLIPS (1966 : 179) imagine aussi une piste plus septentrionale à partir des W. Mitan et Fasad, écornant l'Empty Quarter et menant sans doute à Saba-Marib : cf. SCHMIDT (1968, carte : « The Incense Trail »).

3. Pas nécessairement toujours, d'ailleurs, pour alimenter le commerce d'exportation sur la Méditerranée puisque l'encens africain est parfois plus un masticatoire qu'un parfum à brûler.

4. On attribue généralement cette pluviosité accrue du Dhofar au fait qu'à cette longitude, la côte

feature in this arid coast. It is the only fertile stretch between Aden and Maskat » (Mrs BENT, 1900 : 233). HALLIDAY (1974 : 305) précise même qu'il tomberait 750 mm sur le Dhofar et seulement 75 mm de part et d'autre de cette région privilégiée ; Wendell PHILLIPS (1966 : 168) disait seulement 375 et 125 mm.

Nombreux sont les témoignages sur l'abondance au Dhofar des *mogar* et une richesse de végétation qui fait de cette région une sorte d'enclave plus tropicale et moins aride au milieu d'une steppe semi-désertique.

CARTER (1847 : 389) parle de « myriads » de Boswellias dans la « Nejdee »<sup>1</sup>.

BENT écrit en 1895 (p. 595) : « The particular district in Arabia which once supplied the ancient world with frankincense is quite a small one ; the industry is still kept up there, and the place is called Dhofar ... The actual libaniferous country is, perhaps, now not much bigger than the Isle of Wight » ; à 3 jours d'Al Hafa on entre dans le pays de l'encens : « this valley was covered for miles with this shrub » ; et il ajoute (p. 603) : « In all there are three districts in the Gara mountains where the tree grows ». Dans le Wadi Gershid il y a même un petit lac, avec des fougères, des oiseaux d'eau et des plantes aquatiques « in abundance », une « dense vegetation », un « veritable paradise » (p. 605) et dans les monts Gara (p. 607) une « rich vegetation ».

On est très surpris, en effet, des descriptions de la végétation du Djebel Qarra au nord de Salalah : LEES (1928 : 457) parle aussi de travertins « decorated by a luxuriant growth of ferns and surrounded by great stately trees ».

THOMAS en 1932 apporte à son tour sur le caractère *sui generis* du Dhofar un témoignage direct qu'il semble utile de résumer ici.

Le climat est particulier : la région « owes its unique climate to the « Indian » southwest monsoon, which here makes a preliminary call and during the summer months sprinkles these mountains with a drizzling rain so that the region flows with milk and honey » (p. 8) ; les « famous frankincense groves » couvrent « the mountains divide » (p. 8), donc le Djebel Qarra ; le Wadi Arbot (pl. face p. 104) est très boisé et il y a à Sahaur une grotte avec des stalactites (p. 117) ; le Dhofar est « an Arcadia of luxuriant forests..., of perennial streams and sunny meadows, of wide vistas and verdant glades » (p. xxiii) ; l'encensier « is found growing, as a commercial crop, only in Central South Arabia between two thousand and two thousand five hundred feet <sup>2</sup> in a region which happens to be identical with the territorial limits of the Qara tribe from long. 55°00'E to long. 55°21'E <sup>3</sup>. Its occurrence on the edge of the unique summer rain belt of Dhofar suggests that climatic conditions favourable to its growth exist nowhere else in the peninsula. If so, this region is not improbably the famous frankincense region of historic Arabia. In any case, the famed groves of the Yemen and Hadhramaut have become insignificant ; the tribes of Dhufar remember them not » (p. 123).

se trouve extérieure à l'écran de la corne nord-orientale de l'Afrique. Par contre, à la remarque formulée par Sir Arnold WILSON (in LEES, 1928 : 468) : « Mokalla 100 miles south, does not get the monsoon ; Masira a couple of hundred miles north does not get it but Dhofar does », LEES (p. 470) ne peut que répondre : « I can offer no adequate explanation why only Dhofar should receive regular summer monsoon rains ».

1. CARTER n'a pas visité lui-même cette partie du Dhofar, qu'il identifie d'ailleurs avec la zone haute de la région, alors que les auteurs ultérieurs décrivent : la bande côtière — la « montagne » — la steppe (Nejd).

2. Si « Central South Arabia » doit signifier Dhofar, l'affirmation est inexacte, on le sait bien aujourd'hui, et, d'autre part, au Mahra et plus à l'ouest on connaît des encensiers poussant à des altitudes bien inférieures, voire (Ras Fartak) au bord de la mer.

3. Cf. p. 136 pour la *véritable* limite occidentale de l'encensier.

Ces peuplements peuvent être relativement denses : « For an hour<sup>1</sup> we passed through a grove of young frankincense trees scarred with the marks of recent milking » (p. 123)<sup>2</sup>.

Wendell PHILLIPS (1966) signale la présence dans les Qara Mountains de « lovely seclude little lakes<sup>3</sup> and gorges are rich with tropical ferns and running streams », d'une cascade de 500 pieds, de travertins, de stalactites.

LAVRANOS (1967a : 168, 169 ; 1970) a parfaitement défini l'originalité du Dhofar, possédant un « unique climate, giving rise, in turn, to unique ecological conditions and a most unusual vegetation ». Les monts Qamr, Qara et Samham forment, entre 52°30'E et 55°E, un rempart pouvant dépasser 1 500 m et recevant de juin à septembre de plein fouet les vents humides de la mousson du Sud-Ouest : « Adiabatic cooling leads to condensation with the result that a blanket of cloud hangs over the mountains between apr. the 25th June and 15th September. The cloud-base is usually at 800-1 000 ft. Above this level and to the crest of the mountains an incessant drizzle falls during these three months. » Tout ceci expliquerait « a vegetation which is totally unexpected along the South Arabian coast », avec, sur les pentes sud des reliefs, « a dense deciduous forest », où le *Poinciana elata* est l'une des espèces dominantes.

C'est ici la vraie patrie de l'encensier, qui y pousse « in enormous numbers ».

A son tour Claude FAYEIN (1971 : 321) décrit le Dhofar comme une région « au climat bien particulier, largement arrosée par la mousson de juin à septembre, protégée des vents chauds du désert par un plateau élevé, couverte de prairies, d'arbres et de troupeaux ».

Rien d'étonnant, en tous les cas, à ce que le Dhofar ait été, et soit encore, une zone privilégiée pour les peuplements d'encensiers, et le centre même de l'aire de ces derniers : plus on s'éloignera du Dhofar, plus se raréfieront les arbres, et vers Habban, Azzan, Maifah, Shabwah, etc., on arrive manifestement au bord de l'aréotype.

Personne ne sait — ni ne saura jamais — si les encensiers du Hadramaout actuel sont moins nombreux qu'il y a 2 000 ans<sup>4</sup>.

A supposer que les peuplements actuels soient plus ou moins demeurés ce qu'ils étaient dans l'Antiquité, pourraient-ils, même intensivement exploités, rendre compte du volume à coup sûr considérable de la production ancienne ? Mais la question n'a sans doute pas grande signification si une large part de l'encens aboutissant au Hadramaout et transitant par ce dernier venait d'ailleurs, Dhofar (et Mahra) bien sûr, mais peut-être même d'Afrique.

### 3. L'arbre : biologie et exploitation

On l'aura noté dans la description des stations : les encensiers en général, et en tous les cas les plus grands exemplaires, poussent dans le lit de ravins au sol caillouteux ou rocheux ; d'autres, parfois, mais plus petits, peuvent se rencontrer sur les cailloutis ou éboulis des versants, plus rarement sur des regs de plateau ; la station IX est la seule où l'espèce (un seul exemplaire, de taille médiocre) a été observée dans un oued plat, avec à

1. 4-5 km.

2. Photo d'un encensier face p. 122.

3. Le « lake Darbat » aurait cependant 2 miles de long ... (*ibidem*, p. 170).

4. Il semble évidemment exclu qu'ils puissent être aujourd'hui plus abondants.

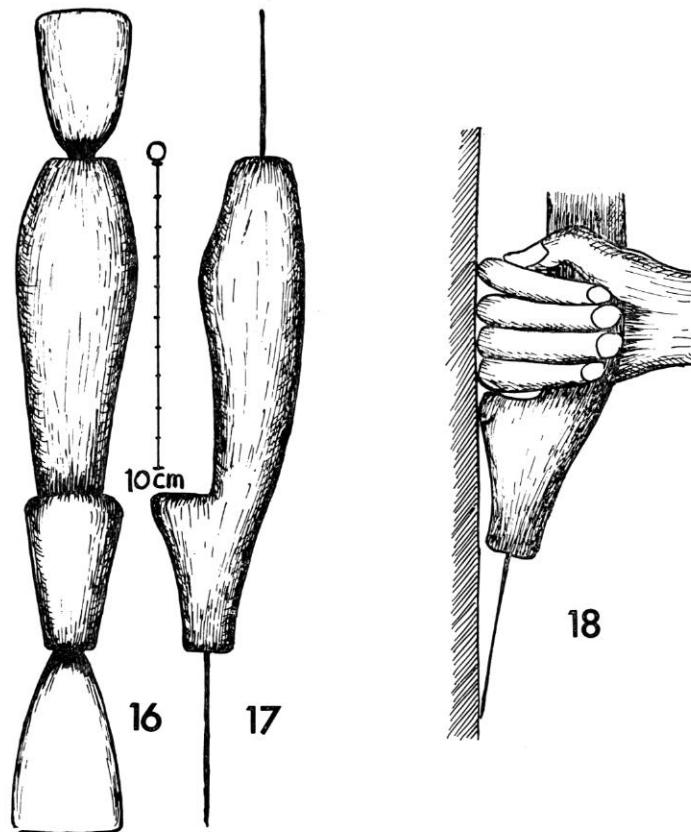


FIG. 16-17. — Couteau-raclette (*mangeb*) des récolteurs d'encens : 16, de face ; 17, de profil.  
FIG. 18. — Couteau-raclette (*mangeb*) des récolteurs d'encens : position de l'outil pour l'ouverture d'une carre.

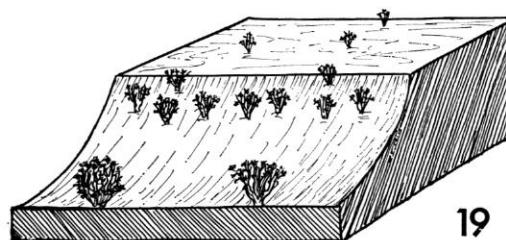


FIG. 19. — Répartition des encensiers à la station III (Aduma/Wasit) : individus petits et rares sur le reg calcaire du plateau ; plus nombreux et de taille moyenne sur la pente ; plus gros, mais isolés, dans le lit de l'oued.

la fois des galets et du sable, non loin d'un fourré de palmiers buissonnants (*Hyphaene*).

Toutes les stations visitées se trouvaient en terrain calcaire, mais cela suffit-il à faire considérer l'encensier comme un calcicole vrai ? Il est difficile d'en décider mais, en tous cas, l'aire de l'espèce semble bien ne pas dépasser celle des affleurements calcaires du Paléocène, de l'Éocène, etc.

L'encensier arabe est manifestement un pétricole et même, très souvent, un chasmo-phyte et l'on peut le voir pousser sur du roc nu, installé dans des fissures de ce dernier (cf. pl. IV fig. 5).

L'arbre peut se rencontrer depuis le bord de mer, « within a few feet from the sea » à Ras Fartak, écrit CARTER en 1870 (*in BIRDWOOD*, p. 136). En altitude il peut dépasser 1 000 m.

Les renseignements obtenus sur place paraissent indiquer que l'arbre fleurit au printemps, donc avant les pluies d'été, comme d'ailleurs, on le sait, beaucoup d'espèces ligneuses de la savane africaine.

CARTER signale des fleurs à Merbat le 25 décembre (1844) et d'autres apportées par un bédouin le 22 mai ; par contre le 21 avril 1846, à Ras Fartak, il note des fruits mais pas de fleurs.

En décembre-janvier, tous les exemplaires que j'ai vus étaient abondamment pourvus de feuilles, mais je n'ai trouvé aucun exemplaire fleuri et un seul (station XVI) avec des fruits, d'ailleurs secs, déjà déhiscents, la plupart des capsules et des graines trouvées au sol, sous l'arbre ; mélangés à elles se trouvaient quelques boutons floraux desséchés, qui devaient permettre une figuration de la fleur (fig. 20-22).

Il est difficile de préciser la taille des arbres adultes, que HAINES (1845 : 119) estime à 15-25 pieds (6-8 m) : les individus dont j'ai tenté d'apprécier la hauteur m'ont paru mesurer, 3-4, 3-4, 5-6, 6-7, 6-7 et même une fois 8-10 m.

Le port de l'encensier sud-yéménite est caractéristique, car l'arbre se ramifie dès la base pour se diviser en tiges d'abord parallèles et verticales (en nombre très variable ; à la station III, 7 exemplaires en avaient : 4, 5, 6, 6, 7, 7, c. 12) puis tendant à s'écartier, de sorte que l'on passe d'un port fasciculé-fastigié à un port étalé-ouvert obconique (ou obpyramidal) très comparable alors à celui de beaucoup d'*Acacias* africains de type « parabol » ; les figures 1 à 15 montreront des exemples des divers aspects du *Boswellia sacra*.

Si la présence d'un « tronc » est rare elle peut se rencontrer cependant exceptionnellement (fig. 15) : on doit cependant admettre qu'en règle générale un vrai tronc est absent, ce qui justifierait la distinction du *B. sacra* et du *B. carteri*.

IBN BATTOUTA (1854 : 214), visitant le Dhofar (Zhafar) en 1347, rapporte que les feuilles de l'encensier sont « minces » et que « lorsqu'on pratique des incisions dans celles-ci, il en dégoutte une liqueur (ou plutôt une résine) » : cela semble bien invraisemblable quoique WENDELL PHILLIPS (1966 : 283) tienne le fait pour confirmé par un informateur (Eric Macro) <sup>1</sup> : est-il bien certain d'ailleurs que le mot traduit « feuilles » ait bien ce sens ?

HEPPER (1969 : 71) supposait que l'encensier sud-arabique pouvait se bouturer ; c'est exact et l'on a vu plus haut la mention de deux localités du Hadramaout où le bouturage a été obtenu. On connaissait d'ailleurs déjà cette possibilité, par COOKE (1874 : 82, d'après TWEMLOW, *J. agric. hort. Soc. India*, I, 1842 : 290), par PETER (1903 : 513-514 : des exemplaires cultivés à Vienne), et par HEIN (1914 : 57).

1. On voudrait connaître la source de ce renseignement surprenant.

Les canaux sécrétateurs de la gomme-résine se trouvent, bien entendu, dans la partie profonde de l'écorce, dans le liber secondaire (cf. DUPÉRON) et le produit obtenu par saignée. Celle-ci entaille l'écorce par une carre ovale-allongée, d'environ 10 × 5 cm, atteignant la couche sécrétrice foncée, de couleur rouille, mais sans toucher le bois central : de la coupe fraîche viennent sourdre immédiatement, comme autant de perles minuscules, des gouttelettes visqueuses d'un blanc opaque que l'on ne saurait plus exactement comparer qu'à du lait condensé épais.

L'outil utilisé, ou *mangeb*<sup>1</sup>, est un couteau-raclette, comportant un fût de bois servant de poignée (fig. 16-17 et pl. III, 3) et portant à chaque extrémité une lame d'environ 35 × 45-60 mm, légèrement arrondie au sommet : la lame supérieure, destinée au décollement des larmes d'encens et au grattage des carres lors de la récolte est mousse, tandis que l'inférieure, utilisée pour entamer l'écorce et mettre à nu les tissus sécrétateurs, est coupante. La poignée de bois porte vers le bas, au-dessus de la lame tranchante, un amincissement puis une saillie arrondie (sur la face antérieure) : ce redan fournit un appui à la main, empêchée de la sorte de glisser lors du coup de taille, mais l'écorce est si tendre qu'on peut se demander si ce dispositif a réellement pour objet de rendre l'incision plus efficace, car on pourrait aussi imaginer que la bosse saillante du manche, en venant toucher l'écorce, assure à la lame l'angle d'attaque le plus favorable en la maintenant dans l'épaisseur de l'écorce sécrétrice tout en l'empêchant d'entamer le bois.

On sait depuis longtemps que les encensiers du Hadramaout ne sont guère exploités par les Yéménites eux-mêmes mais par des Somalis venant dans le pays pour plus ou moins longtemps se livrer à la récolte et au commerce de l'encens (STARK, 1936 : 15 ; INGRAMS, 1966 : 336). Les Somalis peuvent apparaître dans une région puis l'abandonner pour des années ; ils pénètrent assez loin dans l'intérieur et à Sheruj comme à Khuraibah j'ai eu pour guide un récolteur somali.

Il semble qu'au Dhofar ce soient, au moins *pro parte*, les Bedu du pays qui récoltent l'encens et un mahri énumérait ainsi à INGREMS (1966 : 207) les activités de son clan : razzia, agriculture, « a little incense gathering », élevage de chameaux.

D'ailleurs même plus à l'ouest, sur la côte « shihri », la récolte bédouine n'aurait cessé que récemment et les clans suivants auraient été plus ou moins connus pour leur exploitation des *mogar* : al-Kather, al-'Ahmaru, al-Nehthîn, al-Bâ'abâd et Nahti. Un vieil homme de ces derniers, dans le Wadi Madi, disait faire 800-900 livres d'encens par « campagne », ajoutant que cette activité était tombée en désuétude : le feuillage des *mogar* est brouté par les chameaux et son bois est brûlé.

Les renseignements publiés comme ceux recueillis dans le pays sur l'exploitation, l'intervalle entre saignée et récolte, périodicité des saignées, etc., restent passablement contradictoires.

Tantôt la récolte se ferait (principalement ?) en hiver, tantôt en toute saison, mais avec un temps plus long en hiver (25-30 jours) qu'en été (15 jours) entre saignée et récolte ; un Somali parle de 10 saignées par an (?), mais s'agit-il d'entailles nouvelles ou de carres anciennes ravivées ?

Nombre d'auteurs ont noté la distinction au Yémen du Sud entre un encens « bédouin »

1. Déjà mentionné en Somalie par GUIDOTTI en 1930 (p. 535) et par HOWES en 1949 (p. 150), sous le nom de *mengaf* et de *mengaff*.

(*lubân bedowi*) et un *lubân mîti*. On notera que l'expression *lubân bedowi* a pu se voir utilisée pour un encens africain (HEPPER, 1969 : 72) <sup>1</sup>.

Alors que le *lubân bedowi* est utilisé comme encens à brûler, le *lubân mîti*, importé de Somalie, serait principalement un masticatoire, comme nombre d'auteurs l'ont déjà signalé, par exemple WELLSTED (1838 : 433, repris par MEYER, 1852 : 134), FLÜCKIGER (1879 : 806), DRAKE-BROCKMAN (1912 : 256) et GUIDOTTI (1930 : 543) ; ce sont en particulier les femmes qui emploient cet encens à mâcher, qui fortifie les gencives et parfume la bouche : le *lubân bedowi* serait trop friable et « brisant » pour servir de masticatoire.

On ne sait à peu près rien des quantités commercialisées. Pour le Dhofar et le Mahra, STARK a publié en 1936 (p. 14) des chiffres pour 1934, atteignant 1 000-1 200 tonnes, au Dhofar : Saudah (250), Mirbât (150-200), Rakhiût (200), Jadib (100-150), Hadhbarm (100), Damghât (100), Dhabât (100) et au Mahra : al-Ghaida (50) et Qishn (200-280) ; l'auteur note cependant que la limite occidentale des exportations serait al-Ghaida (p. 15) ou Saihût (p. 272).

La production actuelle du Hadramaout n'est pas tout à fait négligeable comme en témoignent les quelques données obtenues sur les apports 1977 au marché de Mukalla (chiffres en livres) : février : 900 ; mars : 2 300 ; mai : 1 500 ; juillet : 1 600 ; septembre : 800 ; novembre : 2 210 ; soit, pour 6 mois : 9 210 livres (4 180 kg).

Freya STARK (1934 : 272) parle de « cultivation wherever it would grow » de l'encensier hadrami mais je ne pense pas qu'il existe de preuve d'aucune culture proprement dite de cet arbre, en dehors évidemment de quelques spécimens transplantés parfois dans des jardins.

#### IV. NOTES MORPHOLOGIQUES

1. **Fleur** (fig. 20-22, 24) : Celle-ci semble n'avoir été examinée qu'une fois, par BIRDWOOD (1870 : 148, pl. XXX) ; cet auteur signale que les filets staminaux sont insérés « into the side of the disk », alors que la diagnose du genre *Boswellia* (*eod. loco*, p. 143) porte : « *stamina basi disci inserta* » : il y aurait là une différence significative entre les « variétés » arabe et somali du *B. Carterii* ; BLATTER en 1915 (p. 153) spécifie, évidemment d'après BIRDWOOD : « *stamens inserted into the side of the disk (in the Arabian variety)* », mais on peut s'interroger sur la valeur de ce caractère puisque je trouve dans la fleur d'un spécimen sud-arabique (fig. 21) les filets insérés tout à fait à la base du disque, dans le sillon séparant ce dernier des pétales. Le disque (fig. 24) apparaît pourvu d'un lobe plus ou moins prononcé dans chaque espace inter-staminal.

La préfloraison (fig. 22) est cochléaire de type « cochléaire distale » dans la terminologie de J. C. SCHOUTE (*Verhandl. K. Akad. Wetensch. Amsterdam, Afd. Natuurkunde (Tweede Sectie), Deel XXXIV*, no. 4, 1935 : 24).

2. **Fruit et graine** (fig. 26-32) : Ces quelques images suffiront à donner une idée du fruit, tantôt à 3, tantôt à 4 valves, de sa columelle ailée, de son vestige de style, etc., la graine (fig. 39-40), plus ou moins tétraédrique, couverte d'un tomentum ras, est entourée d'une aile ovalaire très mince et qui disparaîtra vite tant elle est fragile ; cette aile n'est

1. Par contre il semble peu vraisemblable qu'un produit africain puisse être appelé « Sheheri », puisqu'il s'agit de la côte de Shahr (Sud-Yémen).

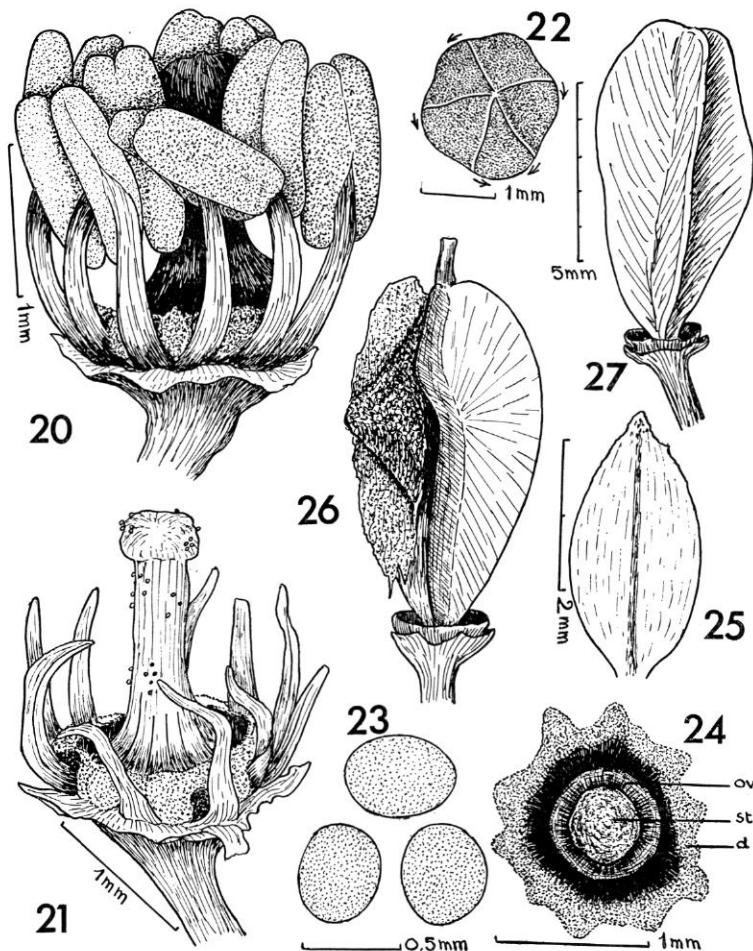


FIG. 20-27. — *Boswellia sacra* (station XVI) : 20, fleur (périanthe supprimé) ; 21, fleur (sans le périanthe), étamines réduites aux filets (anthères tombées) ; 22, bouton floral, montrant la préfloraison cochléaire ; 23, pollen ; 24, centre de la fleur en vue apicale (ov, ovaire ; st, style ; d, disque) ; 25, pétales ; 26, fruit mûr, avec une graine ; 27, fruit mûr, réduit à sa columelle ailée.

pas représentée sur la figure 107 D d'ENGLER (1964). Sur un axe fructifère portant 26 fruits, j'en ai trouvé 13 à 3 valves (fig. 48) et 13 aussi à 4 valves (fig. 47), mais sur 130 fruits (recueillis sous le même arbre) j'en compte 34 à 4 valves pour 96 à 3 valves.

3. **Plantule** (fig. 45-46) : LUBBOCK (1892 : 332) avait déjà fait remarquer que la plantule de *Boswellia* possédait un cotylédon « multifid », ressemblant un peu à celui du genre *Tilia* (eod. loco, p. 53, fig. 101). Des graines du Hadramaout ayant germé à Paris, je puis donner une figure : les nervures, à la face externe (inférieure), des 5 lobes ( $2 + 1 + 2$ ) et les bords de ces derniers sont roses.

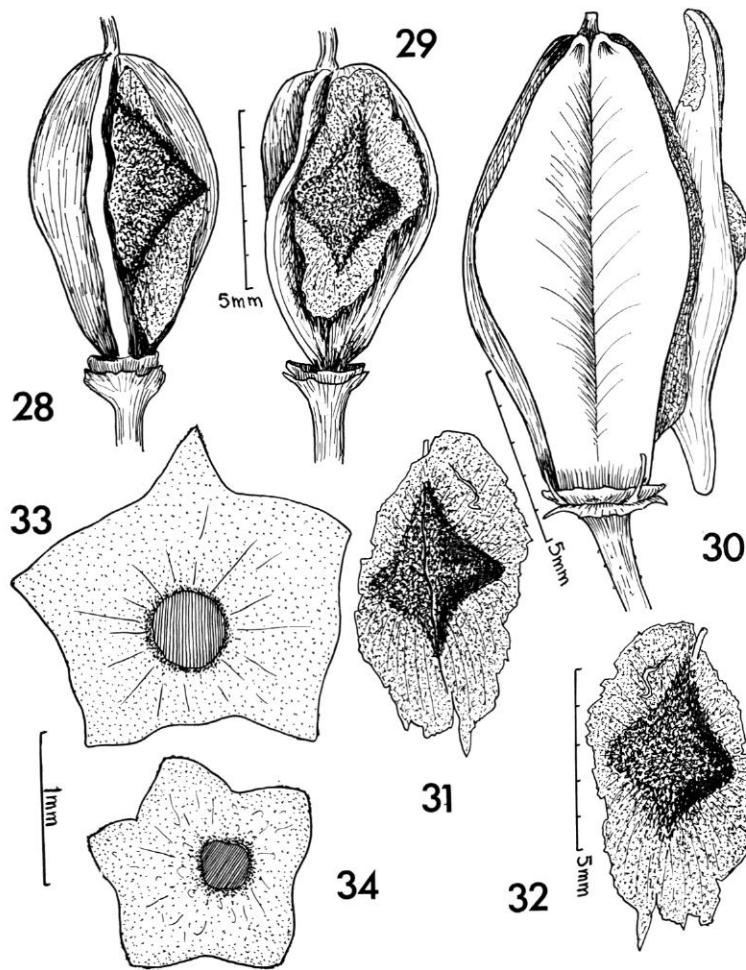


FIG. 28-34. — *Boswellia sacra* (station XVI) : 28-29, fruits mûrs, avec une graine ; 30, fruit mûr, avec une des valves encore en place ; 31-32, graines ; 33-34, calice, vu par sa face inférieure.

4. **Feuille** (fig. 35-38, 41-43) : face supérieure vernissée-luisante, avec de gros poils rigides, aciculaires (fig. 37), parfois géminés (fig. 42), et dont la base se trouve articulée sur le limbe, ou plus exactement *dans* celui-ci, par une sorte d'ergot rétréci (fig. 42-43), les cellules épidermiques entourant l'insertion du poil présentent des épaississements linéaires radiés (fig. 38, 41).

5. **Tige** (fig. 49-50) : KEMPTHORNE (1844 : 427-428) décrivait pour un encensier de Somalie une écorce à 4 couches : 1, très mince (cf. *Betulus*) ; 2-3, cf. « oiled letter-paper »,

pouvant servir de support à une écriture ; 4, interne, d'environ 1 inch d'épaisseur (« dull red »), contenant les canaux sécréteurs. Chez *Boswellia sacra* il semble que l'on puisse reconnaître 5 couches superposées dans l'écorce : 3 couches papyracées d'une extrême minceur,

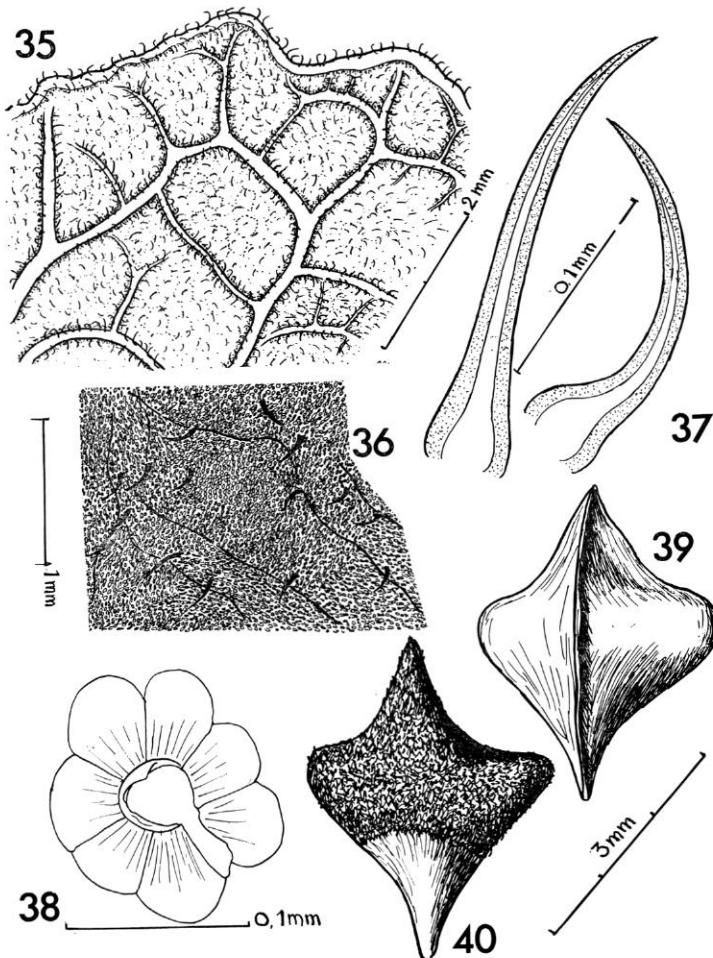


FIG. 35-40. — *Boswellia sacra* (station XVI) : 35, limbe foliaire, face inférieure ; 36, *idem*, face supérieure ; 37, *idem*, *idem*, poils ; 38, *idem*, *idem*, base d'un poil ; 39, graine, face columellaire ; 40, *idem*, face externe.

plus ou moins translucides et tendant à s'exfolier spontanément ; 1 couche verte, chlorophyllienne, plus ou moins adhérente à la couche suivante ; la couche sécrétrice (pouvant sans doute atteindre sur le tronc plusieurs centimètres d'épaisseur), d'un brun rougeâtre.

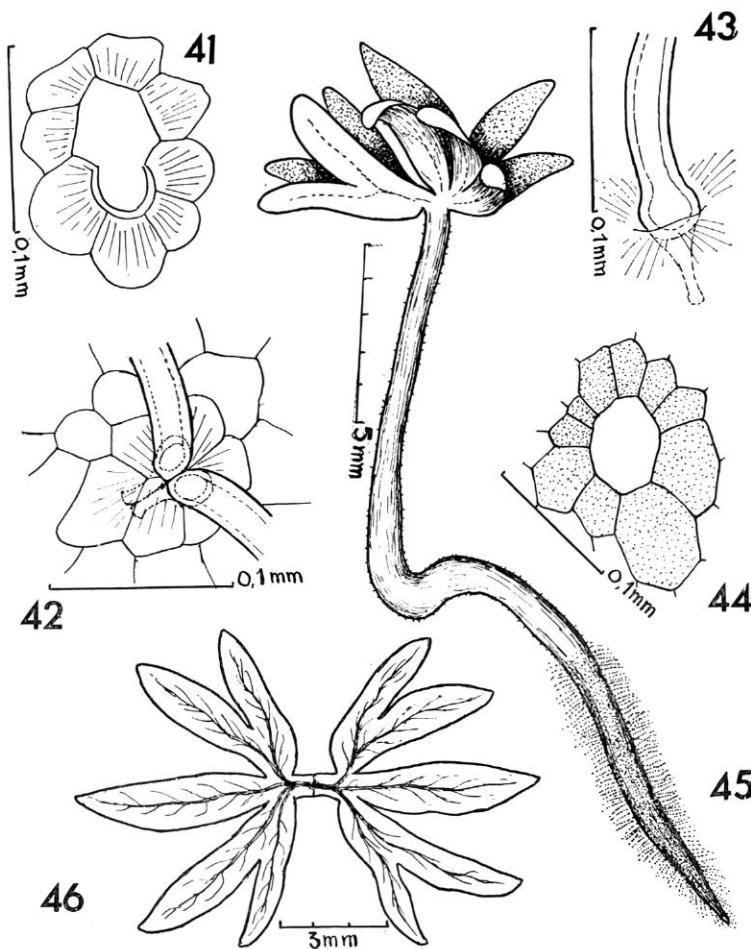


FIG. 41-46. — *Boswellia sacra* (station XVI) : 41, épiderme foliaire supérieur, base d'un poil ; 42, *idem*, base d'un poil géminé ; 43, *idem*, base d'un poil isolé ; 44, canal sécréteur, schizogène, dans la moelle d'un rameau ; 45, plantule (obtenue à Paris) ; 46, *idem*, cotylédons, en vue apicale.

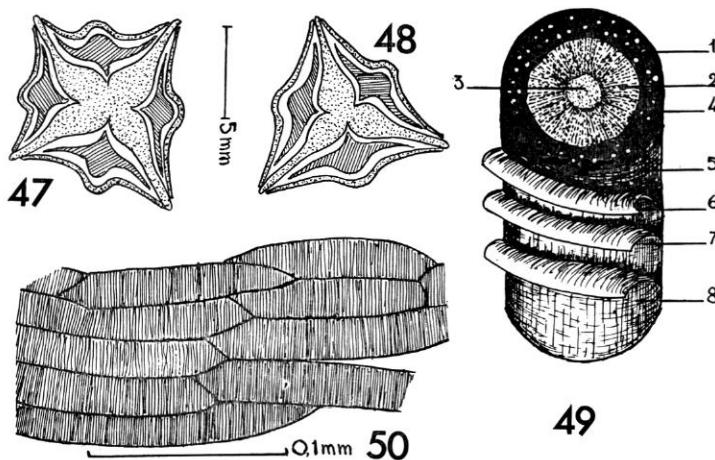


FIG. 47-50. — *Boswellia sacra* (Hadramaout) : 47, coupe d'un fruit 4-valvé, station XVI (les 4 graines hachurées) ; 48, coupe d'un fruit 3-valvé, *eod. loco* ; 49, schéma de la structure d'un rameau (1, canal sécréteur ; 2, bois ; 3,髓 ; 4, couche sécrétrice ; 5, couche chlorophyllienne ; 6-8, les 3 couches papyracées) ; 50, cellules à parois striées du rhytidome.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAKER, J. G., and S. LE M. MOORE, 1877. — Descriptive notes on a few of Hildebrandt's East African Plants. *J. Bot., Lond.* (N. S.), **6** : 65-72, pl. 185, fig. 1 et a-d. — Anatomie de la tige de *Boswellia neglecta*, nov. sp., Hildebrandt 1508.
- BALSAN, François, 1964-65. — Aromates et tribus Medjerten de la Corne d'Afrique (Nord-Somali). *Ethnographie* (Paris) : 119-129, 1 carte, 4 pl. phot.
- BARY, A. DE, 1877. — Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Ferne. Leipzig, xvi + 663 p., 241 fig. — Écorce de *Boswellia papyrifera* : p. 116, 117, 118, 119, 121, 566.
- BENT, J. Théodore, 1894. — Expedition to the Hadramut. *Geogr. J.*, **4** (4) : 315-333, 2 phot., 1 carte h.-t.
- 1895. — Exploration of the Frankincense Country, Southern Arabia. *Geogr. J.*, **6** : 109-134, 8 fig. n. num., 1 carte h.-t.
- 1895a. — The land of frankincense and myrrhe. *Nineteenth Century*, **38**, n° 224, oct. 1895 : 595-613.
- BENT, Mrs Th., 1900. — Southern Arabia. London, xii + 455 p., portr. front., 24 pls, 6 cartes. — Le livre est le plus souvent attribué à Théodore BENT, ou à celui-ci « and Mrs Theodore BENT » ; il s'agit en réalité d'un livre posthume, rédigé par la veuve de l'explorateur ; même si celle-ci a pu largement utiliser les notes ou les articles antérieurs de son mari, elle me semble devoir être considérée comme l'auteur de l'ouvrage. — Encens, p. 89, 233, 234, 252-254.
- BENTLEY, Robert, and Henry TRIMEN, 1880. — Medicinal Plants being the Descriptions with original Figures of the principal Plants employed in Medicine ... London, (non paginé) : I, xxii + n° 1-69. — II, n° 70-146. — III, n° 147-227. — IV, n° 228-306. — Atlas, pl. 1-306 + 10 p. (index).
- BIRDWOOD, George, 1870. — On the Genus *Boswellia*, with Descriptions and Figures of three new Species. *Trans. Linn. Soc. Lond.*, **28** [« 1871 » = 1869-71], Part II : 111-148, pl. 29-32.
- BLATTER, Ethelbert, 1914-1916. — Flora of Aden. *Rec. bot. Surv. India*, **7**, n° 1, 1914 : i-ii + 1-80, 4 fig. n. num., 5 pl. phot., 1 carte h.-t. couleur. — n° 2, 1915 : 81-336. — n° 3, 1916 : 337-418 + i-xix (index), 2 fig. n. num., 1 carte h.-t. coul.
- 1919-36. — Flora arabica, Part I. *Rec. bot. Surv. India*, **8**, n° 1, 1919 : 1-123. — Part II, *ibidem*, n° 2, 1921 : 123-282, 1 carte h.-t. — Part III, *ibidem*, n° 3, 1921 : 283-365. — Part IV, *ibidem*, n° 4, 1923 : 365-450. — [Flora arabica. The Botanical Exploration of Arabia, *ibidem*, n° 5, 1933 : 451-491]. — Part V, *ibidem*, n° 6, 1936 : 450-519 + i-xlix (index).
- BOWEN, Richard Le Baron, 1958. — Ancient trade routes in South Arabia. In : Archaeological Discoveries in South Arabia, Baltimore : 35-42, 1 carte h.-t.
- CARTER, H. J., 1847. — A Description of the Frankincense Tree of Arabia with Remarks on the Misplacement of the « Libanophorous Region » in Ptolemy's Geography. *J. Bombay Brch. R. Asiat. Soc.*, **2**, 1848 (1844-1847), n° XI, July 1847 : 380-390, pl. XXIII (coul. p. partie).
- CHIOVENDA, Emilio, 1932. — Flora Somala II. *Lav. Ist. bot. R. Univ. Modena*, xvi + 482, fig. 1-247.
- COLEBROKE, H. T., 1807. — On Olibanum of Frankincense. *Asiatick Researches* (Calcutta), **9** : 377-382, 1 pl. coul. (*Boswellia serrata*).
- COOKE, M. C., 1874. — Report by Dr M. C. Cooke on the Gums, Resins, Oleo-Resins, and Resinous Products in the India Museum, or produced in India. London, India Museum, iv + 152 p., pl. I-IV. — Reproduit une partie de l'article de BIRDWOOD (1870).

- CRAUFURD, C., 1919. — The Dhofar Districts. *Geogrl. J.*, **53** (2) : 97-105, 2 pl. phot.
- CRUTTENDEN, C. J., 1946. — Report on the Mijjertheyn Tribe of Somalies, inhabiting the district forming the North-East point of Africa. *Trans. Bombay geogr. Soc.*, **1** : 111-126.
- DRAGENDORFF, Georg, 1898. — Die Heilpflanzen der verschiedenen Völker und Zeiten, ihre Anwendung, wesentlichen Bestandtheile und Geschichte. Stuttgart, vi + 885. — Le *Boswellia* sud-arabique n'est pas cité, le *Boswellia Charteri* (sic) n'étant indiqué (p. 366) que de Somalie.
- DRAKE-BROCKMAN, Ralph E., 1912. — British Somaliland. London, xvi + 334 p., 25 figs, 74 pls. — Encens, p. 256-258.
- DUPÉRON, J., 1979. — Contribution à l'étude de *Boswellia sacra* : anatomie de la plantule et de la tige âgée. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 4<sup>e</sup> sér., **1**, sect. B, n<sup>o</sup> 3 : 171-189.
- ENGLER, Ad., 1883. — Burseraceae : 1-169, pl. I-III. In : A. et C. de CANDOLLE, Monogr. Phaner., IV, 1883.
- 1896. — Burseraceae. *Nat. Pfl. Fam.*, 1<sup>re</sup> éd., III, 4, Febr. 1896 : 230-257, fig. 134-150, 1 pl.
- 1913. — Die Verbreitung der afrikanischen Burseraceen in Verhältnis zu ihrer systematischen Gliederung und die Einteilung der Gattung *Commiphora*. *Bot. Jb.*, **48** : 443-490, fig. 1-5.
- 1931. — Burseraceae. *Nat. Pfl. Fam.*, 2<sup>e</sup> éd., 19a : 405-457, fig. 191-220.
- 1964. — Syllabus der Pflanzenfamilien. 12<sup>e</sup> éd., par H. Melchior, Berlin, 1964, t. I, 2 ff. + 666 p., 249 figs, 1 carte h.-t. — Rutales (incl. Burseraceae) par H. SCHOLZ : 262-277.
- FAYEIN, Claudie, 1971. — La vie pastorale au Dhofar. *Objets Mondes*, **11** (4) : 321-332 13 phot.
- FLÜCKIGER, F. A., 1864. — Ueber den Weihrauchbaum. *Schweiz. Wochschr. Chem. Pharm.*, **2** (19) 13 mai 1864 : 129-135, et (20) 20 mai 1864 : 137-141 ; (« mit einer Tafel », repr. la figure de CARTER (1847) : absente dans l'exemplaire consulté).
- 1867. — Lehrbuch der Pharmakognosie des Pflanzenreiches der Naturgeschichte der wichtigsten Arzneistoffe vegetabilischen Ursprungs... Berlin, xxviii + 748 p.
- 1878. — Note on Luban Mati and Olibanum. *Pharmac. J. Trans.*, (3), **8**, 1877-78, April 6 1878 : 805-808, 1 carte.
- 1883. — Pharmakognosie des Pflanzenreiches. 2<sup>te</sup> Auflage, Berlin, 1883, xvii + 1049 p.
- FLÜCKIGER, F. A., and Daniel HANBURY, 1874. — Pharmacographia. A History of the principal Drugs of vegetable Origin... London, xx + 70<sup>1/2</sup> p.
- FLÜCKIGER, F. A., and Daniel HANBURY, 1878. — Histoire des drogues d'origine végétale. Trad. et notes de Y.-L. de LANESSAN, Paris, I, xii + 667 p., fig. 1-129 ter.
- FORSTER, Charles, 1844. — The historical geography of Arabia ... London, I : LXXXIII + 357 p. et II : 1-509, figs, cartes. — Encens : *passim*.
- GLASER, E., 1890. — Skizze der Geschichte und Geographie Arabiens von den ältesten Zeiten bis zum Propheten Muhammad. Berlin, t. 2, 575 p.
- GLOVER, P. E., 1947. — A provisional check-list of British and Italian Somaliland. Trees, Shurbs and Herbs ... London, xxviii + 446 p., XIII pl., 1 h.-t., 1 carte, 2 profils.
- GROHMANN, Adolf, 1922. — Südarabien als Wirtschaftsgebiet. 1. Teil (Osten und Orient, 1. Reihe : Forschungen, 4. Band), Wien, xxi + 272 p., XVIII pls. — Important ; encens, p. 122-148, avec un historique détaillé.
- GROOM, Nigel, 1977. — The frankincense region. *Proc. Seminar Arab. Stud.*, **7** : 78-79, 2 cartes.
- GUIDOTTI, Rolando, 1930. — L'incenso della Migiurtinia. *Agric. col.*, **24** (10) : 530-544, 2 figs., 1 tabl., 4 pls (p. 533 [III], 534, 539 [IV] et 540), 1 carte.
- 1930a. — L'incenso. *Revta Ital. Essenze Profumi*, **8** (10) : 218-222. — Non consulté.
- GUILLAUMIN, André, 1909. — Recherches sur la structure et le développement des Burséracées, application à la systématique. *Annls Sc. nat., Bot.*, (9), **10** : 201-302, fig. 1-62.

- 1910. — Les produits utiles des Burséracées. Bois, Myrrhes, Encens, Elémis et leurs applications industrielles et pharmaceutiques, Paris, Challamel, 73 p. (+ 66 bis), 19 fig. n. num.
- 1923. — Les Encens : Gommes-Résines aromatiques. *La Parfumerie moderne* : 103-106, fig. 1-8.
- HAINES, 1845. — Stafford Bettersworth. *Mémoir of the South and East Coasts of Arabia*, Part II, *J. R. Geogr. Soc.*, **15** : 104-160, 1 carte h.-t.
- HALBEY, 1898. — Ueber das Olibanum. In : A. TSCHIRCH, *Untersuchungen über die Sekrete. Arch. Pharm. Berl.*, **236** : 487-503.
- HALLIDAY, Fred, 1974. — *Arabia without Sultane*. Penguin Books, 527 p., 12 phot., 16 cartes.
- HARRIS, W. C., 1844. — *The Highland of Aethiopia*. London, I, xix + 428 p., front. carte. — II, xi + 430, front. — III, xi + 436 p., front coul. avec : Appendix n° III, Description of the frankincense tree, as found near Cape Guardufoi, on the Somali coast, by Cap. G. B. KEMPTHORNE : 426-428.
- HEIN, Wilhelm, 1914. — *Südarabische Itinerare erkundet von Wilhelm Hein*. *Mitt. K. K. Geogr. Ges. Wien*, **57** : 32-58, pl. I-III. — Les p. 32-35 sont de Maria HEIN.
- HEPPER, F. Nigel, 1969. — Arabian and African Frankincense Trees. *J. Egypt. Archaeol.*, **55** : 66-72, pl. XII-XV.
- HILDEBRANDT, J. M., 1878. — [Note sur l'encens et la myrrhe]. *Sber. Ges. naturf. Freunde Berl.*, 19 nov. 1878 : 195-197.
- HIRSCH, Leo, 1894. — A journey in Hadramaut. *Geogrl J.*, **3** (3) : 196-205, 1 carte.
- 1897. — Reisen in Süd-Arabien, Mahra-Land and Hadramut. Leiden, 1897, xii + 232 p., 2 pl. n. num., 1 carte h.-t.
- HÖHNEL, 1878. — Über Kork und verkorkte Gewebe überhaupt., *Sber. Akad. Wiss. Wien*, math-nat. Cl, **76**, Abth. I, Jahrgang 1877 [1878], Heft 9 : 507-662, pl. I-II. — Important pour l'anatomie corticale des *Boswellia* (*B. papyrifera*) : 531, 532, 536, 547, 553, 583, 584-585, 586, 589, 601, 602, 605-606, 619, 620-621.
- HOLMES, Mr., 1882. — [Montre des *Boswellia* de l'herbier Hambourg]. *Proc. Linn. Soc. Lond.*, 1875-1880 [1882], p. xxiv.
- HOWES, F., 1949. — Vegetable Gums and Resins. Waltham Chronica Bot. Co., Pl. Sc. Books, vol. XX, xxii + 188 p., 3 pl. n. num., 39 fig., vignettes. — Au chapitre xvi : Frankincense and Myrrh (p. 149-153, fig. 31-33), il n'est pas question des Boswellias sud-arabiques ; le *B. carteri* de Somalie est cité (p. 149, 150) et figuré (fig. 31) d'après COOKE, 1874.
- IBN BATTUTA, 1968. — Voyages. Texte et trad. C. DEFREMERY et B. R. SANGUINETTI, Paris, 1854, réimpr. 1968, xiv + 489 p.
- *Index londinensis*. Oxford, I, 1929, xx + 547 p. — P. 479 : *Boswellia Carteri* (17 références à des illustrations !).
- INGRAMS, Harold, 1944. — From Cana (Husr Ghorab) to Sabbatha (Shabwa). *Jl R. asiat. Soc.* : 169-185, pl. XVI-XVIII.
- 1966. — Arabia and the Isles. London, John Murray, 3<sup>e</sup> éd., x + 400 p., 31 pl., 1 carte. — Chapitre xxxiv : « The Incense Road » (p. 327-347).
- JACOB DE CORDEMOY, Hubert, 1899 [et 1900]. — Gommes, résines d'origine exotique et végétaux qui les produisent dans les colonies françaises. *Annls Inst. col. Marseille*, 7<sup>e</sup> année, **6** (2) : 313 p., 47 fig. (et 1900, Paris, Challamel, même pagination).
- KEMPTHORNE, G. B., 1844. — Cf. HARRIS.
- KINDER, Hermann, & Werner HILGEMANN, 1969. — Grand atlas historique (adaptation de P. MOUGENOT). Paris, 1968 [1969], 599 p.
- LAVRANOS, J. J., 1967. — Notes on the succulent flora of Southern Arabia (with descriptions of new taxa). *Cactus and Succulent Journal of America*, **39** (4) : 123-127, fig. 1-8.
- 1967a. — Notes on the succulent flora of Southern Arabia (with descriptions of new taxa). *Cactus and Succulent Journal of America*, **39** (5) : 167-171, fig. 1-7.

- LEMORDANT, D., s.d. — Les plantes éthiopiennes. [Addis Ababa], 104 p., 1 carte.
- LEVESQUE, E., 1899. — Encens, col. 1768-1775, fig. 559-562. In : F. VIGOUROUX, éd., Dictionnaire de la Bible, II (C-F), Paris.
- LUBBOCK, John, 1892. — A Contribution to our Knowledge of Seedlings. London, I, viii + 608 p., figs 1-391 et II, 646 p., figs 392-683.
- MALTZAN, Heinrich Freiherr von, 1873. — Reise nach Südarabien (1870) und Geographische Forschungen im und über den südwestlichsten Theil Arabiens. Braunschweig, viii + 422 p., 1 carte h.-t.
- MARCHAND, L., 1866-67. — Recherches pour servir à l'histoire des Burséacées. *Adansonia*, 7 : 258-266, pl. VIII (coul.). — Anatomie de la tige du *Balsamodendron Myrrha*.
- 1867-68a. — *Idem* (suite), *ibidem*, 8 : 17-71, pl. I-IV. — Anatomie du *Balsamodendron africanum*, etc.
- 1867-68b. — Recherches sur l'organisation des Burséacées. *Ibidem*, 8 : 74-81, pl. II. — Anatomie du *Balsamodendron africanum*.
- METCALF, C. R., & L. CHALK, 1950. — Anatomy of the Dicotyledons... Oxford, I p. I-LXIV + 1-724, figs. 1-467 et II, p. 725-1500, fig. 168-317.
- MEULEN, D. VAN DER, & H. VON WISSMANN, 1964. — Hadramaut. Some of its mysteries unveiled. De Goeje Fund, n° IX, Leiden, Brill [1932], repr. 1964, xxvi + 248 p., 97 phot. n. num., 10 figs. n. num., 1 carte h.-t.
- MEYER, Ernst H. F., 1852. — Botanische Erläuterungen zu Strabons Geographie und einem Fragment des Dikäarchos. Königsberg, viii + 214 p. — Encens de *Boswellia*, p. 130-139.
- MILES, S. B., & Werner MUNZIGER, 1871. — An Account of an Excursion into the Interior of Southern Arabia. *Jl R. Geogr. Soc.*, 41 : 210-245, 1 carte h.-t., 3 fig. n. num. [MUNZIGER'S Report, p. 237-245].
- MILLER, J. Innes, 1969. — The spice trade of the Roman Empire, 29 B. C. to A. D. 641. Oxford, Clarendon Press, 1969, xxiii + 294 p., 4 pls, 9 cartes.
- MOHL, Hugo von, 1861. — Ueber das Kieselskelett lebender Pflanzenzellen. *Bot. Ztg*, 19 (30), 26 Juli 1861 : 209-215. — N° 31, 2 August 1861 : 217-221 ; n° 32, 9 August. — Anatomie du rhytidome de *Boswellia papyracea* : 229.
- MOONEY, H. F., 1963. — A Glossary of Ethiopian Plants Names. Dublin Univ. Press, vii + 81 p.
- MÜLLER, David, Oskar SIMONY und Franz KOSSMAT, 1899. — The Austrian Expedition to Southern Arabia and Sokotra. *Geogr. J.*, 13 (6) : 638-640.
- MÜLLER, Walter W., 1969. — Alt-Südarabien als Weihrauchland. *Theologische Quartalschrift*, 149. Jahrgang, 4. Quartalheft : 350-368.
- 1976. — Notes on the of Frankincense in South Arabia. *Proc. Seminar Arab. Stud.*, 6 : 124-136.
- PETER, Adolf, 1903. — Beiträge zur Anatomie der Vegetationsorgane von *Boswellia Carteri* Birdw. *Sber. Akad. Wiss. Wien*, math.-nat. Kl., 112 (1) : 511-534, 3 figs, pl. I-III.
- PHILBY, H. St. J. B., 1939. — Sheba's Daughters, being a Record of Travel in Southern Arabia. London, Methuen ed., front. + 45 pls, 1 carte h.-t. — Encens : *passim*.
- PHILLIPS, Wendell, 1966. — Unknown Oman. London, Longmans ed., XIV + 319 p., 24 phot., 5 cartes.
- 1971. — Oman. A History. Beirut, Librairie du Liban, xiv + 246 p., 24 phot., 2 cartes.
- PIRENNE, Jacqueline, 1975. — The Incense Port of Moscha (Khor Rori) in Dhofar, *J. Oman Stud.*, 1 : 81-96, 1 fig., pl. I-V. — Discussion (p. 91, 93) sur la localisation ancienne des arbres à encens exploités.
- 1977. — Deuxième mission archéologique française au Hadramout (Yémen du Sud) de décembre 1975 à février 1976. *C. r. Acad. Inscr. Belles-Lett.*, 1976 [1977] : 412-426, fig. 1-3.

- PLINE l'ANCIEN, 1949. — Histoire naturelle. Livre XII. Texte, et trad. A. ERNOUT, Paris, 112 p.
- RATHJENS, C. (sen.), C. RATHJENS (jun.) und G. KERNER, 1956. — Beiträge zur Klimakunde Südwest-Arabiens : Das Klima von Sanaa — Das Klima von Jemen. *Deutsch. Wetterdienst, Seewetteramt, Einzelveröff.*, Nr. 11 : 37 p., 6 figs, 7 tabl.
- RITTER, Carl, 1846. — Die Erdkunde im Verhältniss zur Natur und zur Geschichte des Menschen, oder allgemeine vergleichende Geographie ... Berlin, 42. Theil, 3. Buch : West-Asien, Bd. VI (Die Erdkunde von Asien, Bd. VIII, 1. Abt. : Die Halbinsel Arabien), 1846, xxviii + 1035 p. — Der arabische Weihrauch, p. 356-372 (historique détaillé : RITTER sait déjà (p. 358) que la *Regio thurifera* s'étend de Qana à Hasik).
- ROQUES, H., 1959. — Précis de botanique pharmaceutique, II. Phanérogamie. Paris, Maloine, VIII + 943 p., 692 fig.
- Rossi, Giovanni Battista, 1927. — El Yemen. *Arabia Felix o regio aromatum* ... Torino, 63 p., 32 pls. — Rien, malgré le titre, sur l'encens.
- SCHMIDT, Dana Adams, 1968. — Yemen : the unknown war. London, The Bodley Head, 316 p., 33 phot., 3 cartes. — Un chapitre (vii) : « The Incense Trail » (p. 90-102), avec une carte.
- SCHWEINFURTH, Georg, 1912. — Arabische Pflanzennamen aus Aegypten, Algerien und Jemen, Berlin, 4<sup>o</sup>, 1912, xxiv + 232 p.
- SCHNELL, Raymond, 1976. — Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. 3, 1, La flore et la végétation de l'Afrique tropicale, Paris, x + 470 p., 196 fig.
- SCHWARTZ, Oskar, 1939. — Flora des tropischen Arabien. *Mitt. Inst. allg. Bot., Hamb.*, **10** : 393 p.
- SIGISMUND, Reinhold, 1884. — Die Aromaten in ihrer Bedeutung für Religion, Sitten, Gebräuche, Handel und Geographie des Alterthums bis zu den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung. Leipzig, vi + 234 p., fig. a-e.
- SPIEKERKOETTER, Heinz, 1924. — Untersuchungen zur Anatomie und Systematik ostafrikanischen Meliaceen, Burseraceen und Simarubaceen. *Bot. Arch., Koenigsberg*, **7**, Heft, 3-4 : 274-320, fig. 1-28. — Nombreuses données sur *Commiphora*, rien sur *Boswellia*.
- SPRENGER, A., 1875. — Die alte Geographie Arabiens als Grundlage der Entwicklungsgeschichte des Semitismus. Berlin, 314 p., 1 carte h.-t. — Commerce ancien de l'encens : 299-300 *et passim*.
- STARK, Freya, 1936. — The Southern Gates of Arabia. A journey in the Hadhramaut. London, John Murray, 4 ff. + 282 p., 10 fig., 2 cartes. — Appendix : Notes on the Southern incense route of Arabia : 259-279, carte (p. 258).
- 1940. — A Winter in Arabia. London, John Murray ed., x + 265 p., 27 phot., 1 croquis front., 1 carte.
- 1953. — The Coast of Incense. Autobiography 1933-1939. London, John Murray ed., xiii + 287 p., 51 phot., 1 carte, croquis divers.
- STENHOUSE, John, & Charles E. GROVES, 1876. — Weihrauchharz, Ueber das Weihrauchharz. *Liebig's Annalen*, **180**, 1875 [15. Febr. 1876] : 253-256. — Malgré son titre, cet article n'a rien à voir avec les *Boswellia*, car il concerne la gomme-résine d'une Burséracée de Guyane, *Icica heptaphylla* Aublet.
- STEUER, Robert O., 1933. — Myrrhe und Stakte. *Schrift. Arbeitsgemeinsch. ägypt. afrikan.*, Wien, 48 p. — Rien sur l'encens.
- STUHLMANN, Franz, 1914. — Beiträge zur Kulturgeschichte von Ostafrika... Deutsch-Ostafrika, Bd. X, Berlin, 1914, xxiii + 907 p., 4 figs, 13 cartes, 3 tabl. — Encens, p. 579-597 ; large exposé sur l'histoire de l'encens et de son commerce.
- TESSIER, A. M., P. NOLOT, P. DELAVEAU, 1977. — Les masticatoires modernes (A à D) : Historique, définition, aspects économiques, composition. *Médecine et Nutrition*, **13** (3) : 171-194.

- THOMAS, Bertram, 1932. — Arabia Felix : across the Empty Quarter of Arabia. London, Jonathan Cape ed., **xxix** + 397 p., front., 42 pls n. num., 23 figs (1 n. num. + 1-22), 3 cartes.
- TRIMEN, Dr., 1882. — [Montre à la Linnean Society des échantillons de *Boswellia Carterii* (J. Collins coll., Aden, oct. 1877)]. *Proc. Linn. Soc. Lond.*, 1875-1880 [1882], p. **xxiv**.
- TSCHIRCH, I. A., 1888. — Ueber die Entwicklungsgeschichte einiger Sekretbehälter und die Genesis ihrer Sekrets. *Ber. dt. bot. Ges.*, **6** : 2-13, 1 fig. n. num. + pl. I-II (figs. 1-5).
- TSCHIRCH, A., 1889. — Angewandte Pflanzenanatomie..., I. Wien & Leipzig, **xii** + 548 p., fig. 1-614. — Anatomie de la tige de « *Balsamea myrrha* » (fig. 589) et de *Boswellia Carteri* (p. 499). — 1906. — Die Harze und die Harzbehälter mit Einschluss der Milchsäfte. Leipzig, **xxii** + 1268 p., 104 fig. — Chimie des encens : 411-415.
- UPHOF, J. C. Th., 1968. — Dictionary of economic plants. 2nd ed., Lehre, 2 ff. + 591 p.
- VAN BEEK, Gus W., 1958. — Frankincense and Myrrh in Ancient South Arabia. *J. Am. orient. Soc.*, **78** (3) : 141-151, 1 carte.
- 1960. — Frankincense and Myrrh. *Biblical Archaeologist*, **23** (3) : 70-95, fig. 2-6.
- 1958. — Ancient Frankincense producing Areas. In : Archaeological Discoveries in South Arabia. John Hopkins Press, Baltimore, p. 139-142.
- VAUGHAN, 1853. — Notes upon the drugs observed at Aden, Arabia. *Pharmacent. Journ. & Trans.*, **12**, 1852-53, n° V, Nov. 1<sup>st</sup> 1852 [1853] : 226-229. — *ibid.*, n° VI, Dec. 1<sup>st</sup> 1852 [1853] : 268-271. — *ibid.*, n° VIII, Febr. 1<sup>st</sup> 1853 : 385-388. — Les encens : 228-229. — C. r. in : *J. Bot.* (Hooker), 1853, V : 124-127.
- VIERHAPPER, Fritz, 1907. — Beiträge zur Kenntniss der Flora von Südarabiens und der Inseln Sokotra, Semha und 'Abd el Kūri. *Denksch. Akad. Wiss., Wien, Math.-nat. Kl.*, **71** (1) : 321-490, fig. 1-35, pl. 1-17, 1. Theil [Sokotra, etc.].
- WEBBER, Irma E., 1941. — Systematic anatomy of the woods of the Burseraceae. Lillou [Tucuman], **6** : 441-465, pl. I-IV. — Rien sur *Boswellia*.
- WEHMER, C., 1911. — Die Pflanzenstoffe botanisch-systematisch bearbeitet ... Jena, **xvi** + 937 p.
- WELLSTED, J. R., 1838. — Travels in Arabia. London, I, **xvi** + 446 p., front., 1 pl., 2 cartes h.-t. et II, **x** + 472 p., front., 4 pls, 3 cartes h.-t.
- WETTSTEIN, Richard von et al., 1944. — Tratado de Botanica sistemática. Trad. P. FONTQUER, Barcelona-Madrid, ed. Labor, **xv** + 1039 p., 709 fig. — Fig. 550 : « *B. Carteri* » de Ras Fartak (phot. F. SIMONY).
- WISSMANN, Hermann von, 1941. — Arabien und seine kolonialen Ausstrahlungen, eine geographisch-geschichtliche Skizze. In : Lebensraumfragen europäischer Völker, Leipzig, II : 374-488, 11 cartes.
- 1964. — Zur Geschichte und Landeskunde von Alt-Südarabien (Sammlung Eduard Glasser III). *Sber. öst. Akad. Wiss., Wien, phil.-hist. Kl.*, **246**, 1964 : 1-485, 21 figs.
- 1968. — C. r. de W. PHILLIPS, Unknown Oman. *Deutsche Literaturzeitung*, **89**.
- 1968a. — Art. Υερπίται, col. 1349-1363, fig. 1-2. In : Pauly's Realenc. d. class. Altertums wiss., Suppl. 11. — Fig. 1 : carte portant la distribution du *Boswellia sacra*.
- 1977. — Das Weihrauchland Sa'kalan, Samarum und Mos-cha (mit Beiträgen von W. W. MÜLLER), *Sber. öst. Akad. Wiss., Wien, phil.-hist. Kl.*, **324**, 1-57, 5 figs, pl. 1-2.
- 1975. — Über die frühe Geschichte Arabiens und das Entstehen des Sabäerreiches. Die Geschichte von Saba, I (Sammlung Eduard Glasser XIII), *Sber. öst. Akad. Wiss., Wien, phil.-hist. Kl.*, **301** : 1-112, 18 figs (1-3a + 3 b, 4-11 a + 11 b, 12-16).
- WISSMANN, Hermann von, & Maria HOFNER, 1953. — Beiträge zur historischen Geographie des vorislamischen Südarabien. *Akad. Wiss. Lit., Abhandl.*, (Mainz) Geist.-Soc. Kl., Jahrg. 1952 [1953], Nr. 4 : 219-385 [1-167], 19 fig., 12 pl., 2 cartes.
- WREDE, Adolph Freiherr von, 1852. — Ueber die Heimat des Weihrauchs. *Mber. Verhandl. Ges. für Erdkunde zu Berlin*, N.F., **9** : 38-40.

- 1870. — Adolph von Wrede's Reise in Hadhramaut..., Éd. par Heinrich Freiherr von Maltzan, Braunschweig, 375 p., 1 pl. (inscription de «Obne), 1 carte h.-t.
- YORK, J., 1967. — Hadramaut, The Land of Frankincense. *Middle East* (Wash.), 7 : 7-15. — J'ai cherché en vain cet article : référence sans doute inexacte.

*Manuscrit déposé le 8 mars 1979.*

PLANCHE I

*Boswellia sacra* (Hadramaout)

1. — Sur un éboulis de rochers calcaires.
2. — Dans un oued caillouteux.



PLANCHE I

PLANCHE II

*Boswellia sacra*, tronc d'un gros exemplaire avec cicatrices des saignées (Hadramaout).



PLANCHE II

PLANCHE III

*Boswellia sacra* (Hadramaout)

- 1, 2, 3. — Petits spécimens dans les cailloutis calcaires.
- 4, 5. — Exemplaires poussés à flanc de coteaux dans les cailloux.
- 6. — Tronc avec cicatrices des saignées.
- 7. — Tronc avec marques des carres.

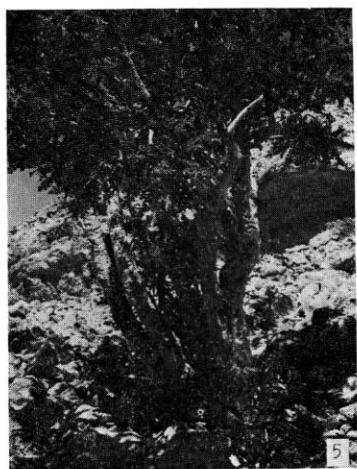
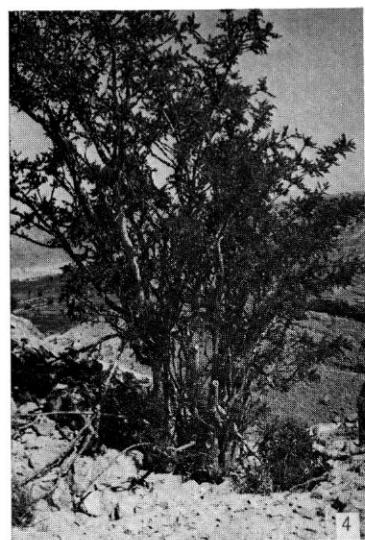
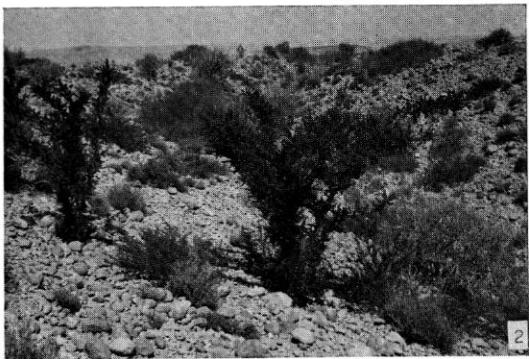
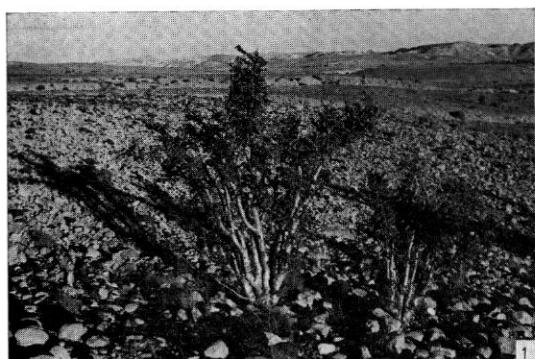


PLANCHE IV

*Boswellia sacra* (Hadramaout)

1. 2. — Feuillages.
3. — L'outil (face et profil) à inciser (*bas*) et à racler (*haut*).
4. — Feuilles, n° 17201, station VIII.
5. — Jeune exemplaire poussant en chasmophyte sur un rocher.
6. — Exemplaire jeune, n° 17385, station XIII.

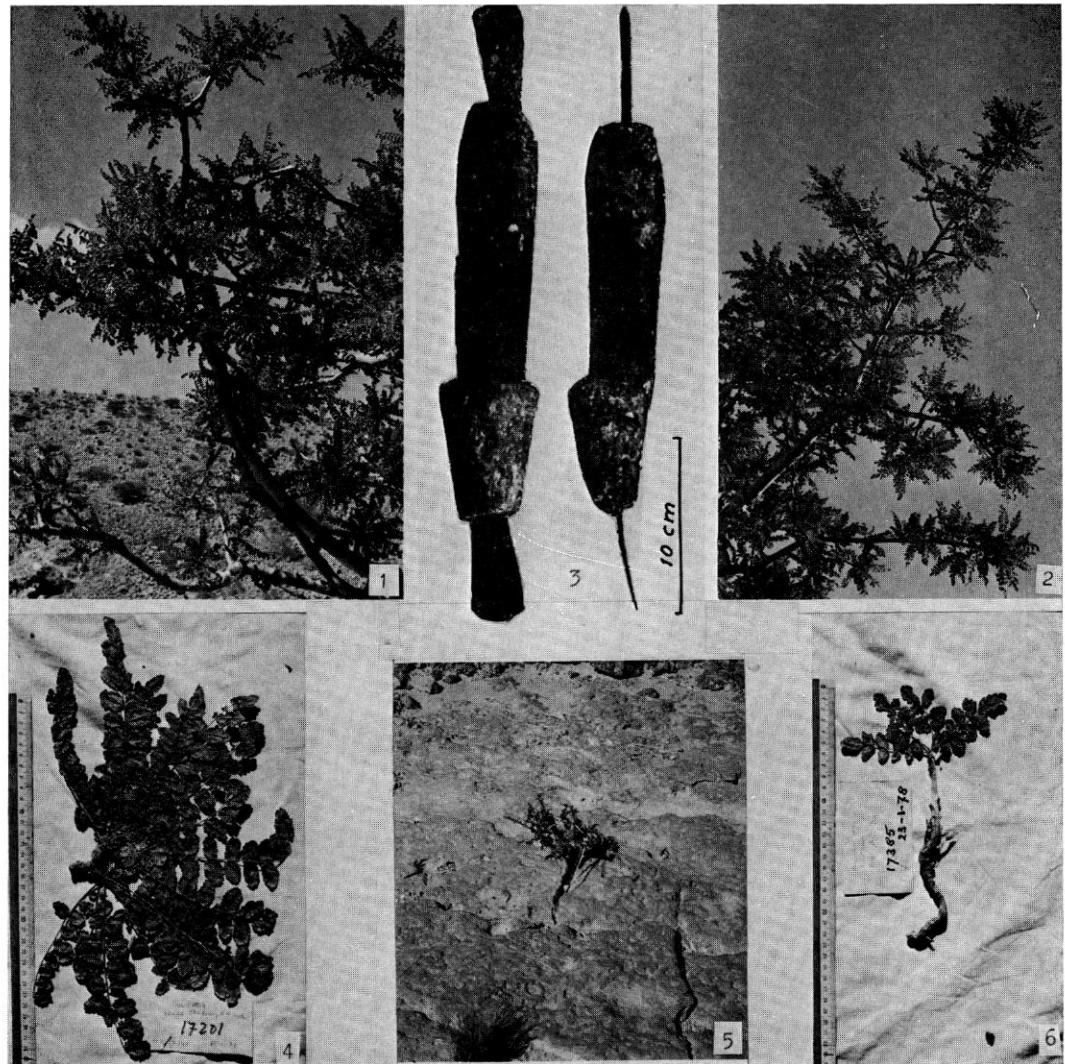


PLANCHE IV



## Contribution à l'étude de *Boswellia sacra* : anatomie de la plantule et de la tige âgée

par Jean DUPÉRON \*

**Résumé.** — Dans cette note, l'auteur décrit l'anatomie de la plantule et de la tige âgée de *Boswellia sacra* (Burseraceae). La radicule comprend 4 pôles de xylème en position « cruciforme tétrarche ». L'évolution vasculaire est très accélérée. L'étude de la tige âgée porte sur la moelle, le bois, le liber et le périderm. Cette plante est surtout remarquable par le liber pourvu d'un triple réseau de canaux sécrétateurs fournissant l'encens et par la structure du suber qui s'exfolie en couches successives grâce à la présence d'assises de cellules phelloïdes.

**Abstract.** — In this paper, the author describes the anatomy of the plantlet and the old stem of *Boswellia sacra* (Burseraceae). The radicle comprises 4 bundles of xylem in position "cruciform tetrarch". The vascular evolution is very accelerated. The study of the old stem concerns the pith, the xylem, the phloem and the periderm. This plant is remarkable for the phloem provided with intercellular canals giving incense, and for the structure of the suber which exfoliates in successive rings, owing to the presence of phelloïd cells.

La famille des Burseraceae compte une quinzaine de genres et environ 50 espèces toutes tropicales, dont la plupart sont de grands arbres. Burseraceae et Anacardiaceae ont longtemps été réunies sous le nom de Terebinthaceae. LAM (1932, *in* WEBBER, 1941) a repris la classification et proposé les subdivisions admises actuellement. Le genre *Boswellia* Roxb. renferme 23 espèces, 20 en Afrique, 3 en Arabie et en Inde. LAM le classe dans la tribu des Bursereae et la sous-tribu des Burserinae.

Le travail que nous présentons est la description anatomique de la plantule (racine, hypocotyle, cotylédons) et de la tige âgée (moelle, bois, liber, périderm) ; il complète les quelques études déjà publiées, principalement par WEBBER (1941) sur le bois des Burseraceae et PETER (1903) sur l'anatomie de « *Boswellia carteri* »<sup>1</sup>.

### I. LA PLANTULE

L'examen morphologique des plantules indique que la germination est épigée, c'est-à-dire que les cotylédons sont élevés au-dessus du niveau du sol par la croissance de l'hypocotyle.

La partie la plus jeune de la racine est couverte de longs poils absorbants brunâtres (zone de l'assise pilifère) ; puis, jusqu'au collet, on trouve la zone subéreuse brun clair. L'hypocotyle est bien développé, couvert de petits poils épidermiques. Le limbe cotylé-

\* Laboratoire de Paléobotanique. Université Pierre et Marie Curie, 12, rue Cuvier, 75005 Paris.

1. Les espèces *B. carteri* et *B. sacra* sont pratiquement identiques et ne peuvent être séparées, sinon par leur port (type arbre chez *B. carteri*, type buisson chez *B. sacra*) et leur localisation géographique. L'espèce décrite par PETER est, en fait, *B. sacra*.

donaire comprend 5 divisions et est palmatiséqué. Contrairement à *Boswellia serrata* (GUIL-LAUMIN, 1909 : 272, fig. 52), le bord du limbe n'est pas denté mais tout juste un peu ondulé.

### 1. Racine

Dans la zone de l'assise pilifère (pl. I, 1 et 2), le cylindre central, de taille réduite, comprend 4 pôles de xylème primaire centripète avec, en alternance, 4 massifs de phloème primaire présentant chacun un canal sécréteur. Le métaxylème n'est constitué que de 3 ou 4 cellules disposées en une ligne radiale. Le parenchyme médullaire est réduit à quelques cellules au centre de la coupe. Les cellules péricycliques sont le plus souvent dédoublées. Quelques divisions périclines au niveau du procambium indiquent le début de différenciation de l'assise génératrice libéro-ligneuse.

L'endoderme est formé d'une assise de cellules à parois radiales ondulées présentant l'épaississement lignifié du cadre de Caspary. Les cellules du parenchyme cortical sont de grande taille, à paroi fine, et ont entre elles des méats. D'après le niveau où la coupe est faite, on voit apparaître une assise subéreuse ; ce sont les parois radiales des cellules qui se subérifient et se lignifient les premières. Enfin, l'assise la plus externe de la jeune racine est l'assise pilifère avec de longs poils absorbants. Celle-ci devient rapidement non fonctionnelle et tend à disparaître ; il y a alors lignification des parois et des poils absorbants et apparition de l'assise subéreuse.

Les coupes faites vers le sommet de la racine (pl. I, 3), donc dans la zone subéreuse, sont dans l'ensemble comparables à celles vues précédemment. Cependant, l'assise pilifère est de plus en plus fragmentaire et finit par disparaître et, surtout, on commence à observer le passage racine-tige au niveau des faisceaux de xylème. Les vaisseaux se différencient de manière tangentielle et la moelle augmente un peu en diamètre.

### 2. Hypocotyle

Au-dessus du collet, donc à la base de l'hypocotyle, le diamètre de la coupe augmente, la moelle devient plus importante et l'assise externe est un épiderme couvert de poils. Endoderme et péricycle disparaissent. Le xylème primaire intermédiaire tangentiel se développe et les branches latérales des faisceaux voisins se rapprochent (pl. I, 4).

Au milieu de l'hypocotyle (pl. I, 5), la structure de tige se précise : on remarque nettement des massifs de quelques cellules de xylème centrifuge superposés au phloème. Le protoxylème alterne subsiste encore sous forme de 4 massifs très réduits de 2 ou 3 petites cellules. Il y a donc résorption importante du xylème centripète.

Enfin, au sommet de l'hypocotyle, près de l'insertion des cotylédons, quelques nouveaux vaisseaux de xylème centrifuge sont apparus. Le protoxylème alterne est presque totalement résorbé ; tout au plus observe-t-on la trace de quelques cellules lysées (pl. I, 6 et 7).

### 3. Pétiole cotylédonaire

Il présente, en coupe transversale, une symétrie bilatérale nette. Il contient 2 faisceaux libéro-ligneux. Le xylème primaire est centrifuge, superposé au phloème primaire conte-

nant un petit canal sécréteur. Il n'y a plus aucune trace de xylème primaire centripète alterne.

En résumé, le xylème primaire intermédiaire tangentiel apparaît rapidement dans la racine et il est déjà en position superposée à la base de l'hypocotyle ; dès que l'on s'élève un peu dans celui-ci, la structure de tige s'acquiert définitivement et le protoxylème centripète et alterne disparaît rapidement. Dans cette espèce, l'évolution vasculaire est très accélérée. D'après les études de TRONCHET (*in BOUREAU, 1952*), la disposition vasculaire est cruciforme tétrarche, c'est-à-dire qu'il y a 4 groupes vasculaires alternes dans la radicule, deux d'entre eux étant situés dans le plan médian cotylédonaire, les deux autres dans le plan intercotylédonaire.

## II. LA MOELLE

La moelle de l'échantillon étudié a un diamètre d'environ 3 mm. D'après PETER (1903 : 519 ; pl. I, fig. 1, pl. III, fig. 9), les jeunes cellules de parenchyme médullaire, près du point végétatif, ont l'aspect d'un collenchyme à épaississements angulaires. Dans le tissu plus âgé, la paroi s'épaissit et se lignifie régulièrement mais on trouve encore en quantité notable des cellules non lignifiées et à parois minces. C'est cet aspect que présente l'échantillon observé bien que les parois des cellules soient peu lignifiées et assez minces.

Les cellules contiennent de nombreux grains d'amidon et, assez rarement, un cristal prismatique d'oxalate de calcium.

A la périphérie de la moelle, on trouve des canaux sécréteurs coiffés, du côté abaxial, par un massif de petites cellules parenchymateuses à parois très fines et non lignifiées (pl. II, 3).

## III. LE BOIS

L'étude a été faite sur un fragment de branche de 23 mm de diamètre où le bois représente un anneau de 5 mm d'épaisseur (pl. II, 2).

En coupe transversale, les vaisseaux apparaissent répartis en zones diffuses ; ils sont en majorité isolés (58 %) ou groupés plus ou moins radialement par 2 (22 %), par 3 (7 %), par 4 (5 %), par 5 (3 %) ou en amas (5 %). Les vaisseaux isolés sont de forme ronde ou ovale et la paroi a 2 à 5  $\mu\text{m}$  d'épaisseur ; le diamètre tangentiel est compris entre 41 et 146  $\mu\text{m}$  et le diamètre radial entre 39 et 132  $\mu\text{m}$ . Les mesures du diamètre tangentiel effectuées sur 100 vaisseaux isolés se répartissent de la façon suivante (D = diamètre tangentiel ; F = fréquence) :

D	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120	121-130	131-140	141-150
F	3	11	11	16	11	13	16	12	4	2	1

La moyenne calculée à partir de ces données est de 88  $\mu\text{m}$ .

On compte 32-68 pores par  $\text{mm}^2$  (24-38 vaisseaux simples ou multiples par  $\text{mm}^2$ ). Les éléments sont longs de 205 à 510  $\mu\text{m}$  et les perforations sont simples, à marges inclinées. Il n'a pas été observé de thyllose. Les ponctuations intervaskulaires sont polygonales, contiguës, alternes, aréolées, de diamètre variant de 6 à 10  $\mu\text{m}$  ; le lumen est étiré horizontalement (pl. III, 4). Les ponctuations vaisseau-parenchyme et vaisseau-rayon sont en

majorité simples, de formes variées mais plutôt ovales, souvent très allongées horizontalement. Cependant, quelques-unes d'entre elles présentent une aréole nette (pl. III, 5).

Le parenchyme vertical est peu abondant et peu visible en coupe transversale ; il peut être repéré grâce à ses ponctuations et à ses parois un peu plus fines que celles des fibres voisines. Il est paratrachéal, limité à quelques cellules touchant les vaisseaux (pl. II, 5). Entre deux cellules de parenchyme, on observe de très petites ponctuations simples groupées en tamis. La longueur des cellules est de 52-152  $\mu\text{m}$ , le diamètre tangentiel de 24-34  $\mu\text{m}$  et le diamètre radial de 20-28  $\mu\text{m}$ . Aucun contenu n'a été observé dans les cellules de parenchyme vertical.

Les rayons ligneux sont larges de 1 à 3 cellules (unisériés : 47 %, bisériés : 51 %, trisériés : 1 %) ; quelques-uns (1 %) sont plus larges et possèdent 1, exceptionnellement 2 canaux sécrétateurs de forme ovale ( $50 \times 70 \mu\text{m}$  en moyenne), bordés de petites cellules sécrétrices (pl. III, 3).

Les rayons unisériés sont larges de 14 à 34  $\mu\text{m}$  et hauts de 118 à 834  $\mu\text{m}$  (2 à 21 cellules). La largeur des rayons plurisériés varie de 43 à 77  $\mu\text{m}$  et leur hauteur de 211 à 1 215  $\mu\text{m}$  (3-28 cellules). On en compte 5 à 11 par mm tangentiel horizontal.

En coupe tangentielle (pl. III, 1 et 2), les cellules sont rondes, ovales, carrées (14-40  $\mu\text{m}$  de haut, 14-34  $\mu\text{m}$  de large) ou très allongées verticalement (jusqu'à 120  $\mu\text{m}$  de haut pour 20  $\mu\text{m}$  de large en moyenne).

En coupe radiale (pl. III, 5), le corps du rayon est composé de cellules couchées ou carrées (jusqu'à 80  $\mu\text{m}$  de long), ou parfois dressées (16  $\mu\text{m}$  de long). Les terminaisons présentent souvent des cellules dressées. Certains rayons ne sont formés que de cellules carrées et dressées. L'épaisseur de la paroi est de 1-2  $\mu\text{m}$ . D'après la classification de KRIBS, les rayons sont intermédiaires entre les types hétérogènes I et IIb.

Les cellules contiennent parfois un cristal prismatique ou des mâcles d'oxalate de calcium (pl. II, 5) ; on trouve aussi de l'amidon sous forme de corpuscules arrondis ou allongés. Remarquons que les mâcles deviennent abondantes dans le bois plus âgé.

Les fibres sont de type libriforme. Leur diamètre est de 16-36  $\mu\text{m}$  et la paroi a environ 3  $\mu\text{m}$  d'épaisseur. La longueur moyenne, mesurée sur dilacération, est de 1 100  $\mu\text{m}$ . Toutes les fibres sont septées et présentent 3 à 7 septes, exceptionnellement plus (jusqu'à 11), 5 en moyenne (pl. III, 6). Les fibres contiennent quelquefois des cristaux prismatiques d'oxalate de calcium. On y trouve aussi de nombreux corpuscules atteignant une vingtaine de  $\mu\text{m}$  de long, de forme plutôt allongée (pl. II, 5 ; pl. III, 1, 2, 3, 5 et 6). Il s'agit d'amidon (WEBBER, 1941 : 451). Ces corpuscules deviennent rares dans le bois plus âgé. On observe aussi de très petites ponctuations, sans doute simples, dont le lumen est oblique et très étiré. Ces ponctuations sont nombreuses sur les parois radiales (pl. III, 6), beaucoup plus rares sur les parois tangentielles.

PETER (1903) signale la présence de taches médullaires fréquentes, dues sans doute à un traumatisme. Nous n'en avons pas observé dans nos échantillons.

Les bois de la famille des Burseraceae ont été étudiés par METCALFE et CHALK (1950) et par WEBBER (1941). PETER (1903) décrit assez rapidement celui de « *Boswellia carteri* ».

Les caractéristiques de l'échantillon examiné sont, dans l'ensemble, en accord avec les études déjà faites. On notera quand même quelques différences mais qui nous paraissent plutôt minimes :

— nombre de vaisseaux par mm<sup>2</sup> : 5-10-15-30 (WEBBER) ; 4-15 (METCALFE et CHALK) ; 24-38 (*B. sacra*) ;

— thyllose : présente (WEBBER, PETER) ; non mentionnée chez *Boswellia* s.l. (METCALFE et CHALK) ; non observée (*B. sacra*) ;

— diamètre tangentiel des vaisseaux : 100-180 µm (WEBBER) ; 50-100 µm (METCALFE et CHALK) ; 112 µm maximum (PETER) ; 88 µm, 146 µm maximum (*B. sacra*) ;

— hauteur des rayons : jusqu'à 1 518 µm (WEBBER) ; moins d'1 mm (METCALFE et CHALK) ; jusqu'à 1 215 µm (*B. sacra*).

Remarquons à ce sujet que METCALFE et CHALK donnent les caractères généraux de la famille et de certains genres et n'ont pu étudier en détail toutes les espèces. Il en est de même pour WEBBER. D'autre part, l'âge du bois étudié intervient. Les jeunes branches n'ont pas encore de structures bien stabilisées et des différences plus ou moins importantes apparaîtront avec un bois plus âgé. Ainsi, nous avons constaté chez *B. sacra* que, dans des axes de diamètres nettement différents, la quantité et l'aspect des cristaux des rayons (monocristal ou mâcles), l'abondance de l'amidon contenu dans les fibres étaient variables ; la densité des vaisseaux peut varier d'une région à l'autre de l'organe.

#### IV. LE LIBER

Le liber forme un anneau continu d'environ 5 mm d'épaisseur (pl. II, 1 et 2 ; pl. IV, 1). Il est de teinte rougeâtre, extrêmement dur et cassant lorsque l'axe est sec. Dans son ensemble, on peut le subdiviser en trois parties :

1. Après la zone cambiale (ayant jusqu'à 8 cellules d'épaisseur et contenant parfois des cristaux mâclés dans des cellules recloisonnées), le liber le plus jeune, aux tubes criblés fonctionnels, représente un anneau de 200 µm d'épaisseur. Les canaux sécréteurs y sont rares et les fibres absentes.

2. Les tubes criblés, écrasés radialement, dessinent entre les îlots de parenchyme des lisérés rose foncé dirigés surtout tangentiellement.

3. Plus loin, l'aspect des coupes change : les rayons font place à un parenchyme très abondant chargé de grains d'amidon (pl. IV, 2). Il repousse latéralement ce qui reste des tubes criblés écrasés. Les figures rose foncé formées par ceux-ci se dirigent alors radialement. C'est au niveau de cette troisième zone que les canaux sécréteurs tangentiels sont les plus nombreux, sans doute en remplacement des canaux radiaux disparus en même temps que les rayons (pl. IV, 7 et 8).

Les rayons du liber sont 1-3 (4)-sériés. Ils deviennent rapidement très sinueux en coupe transversale. Comme pour les rayons ligneux, on trouve quelques canaux sécréteurs horizontaux (1, rarement 2 par rayon ; pl. IV, 4 et 5). Les cellules contiennent de l'amidon et parfois un cristal d'oxalate de calcium.

En coupe radiale, les rayons présentent le même aspect que ceux du bois ; ils sont composés de cellules couchées, carrées et dressées ; ces dernières sont parfois recloisonnées en cellules cristallifères. Loin du cambium, les rayons disparaissent rapidement et sont remplacés par d'importants îlots de parenchyme. Cette parenchymatisation est bien visible en coupes transversale et radiale (pl. IV, 2 et 7).

Les fibres libériennes lignifiées sont constituées par des amas de cellules souvent disposés en cercles concentriques (pl. IV, 2). Les amas ont une forme carrée ou allongée tangentielle. Les cellules sont septées et très longues ; elles contiennent de nombreux cristaux, surtout à la périphérie des massifs (pl. IV, 9). Leur diamètre moyen est de 20-30  $\mu\text{m}$  et l'épaisseur de la paroi de 5-6  $\mu\text{m}$ . Ces fibres occupent peu de place par rapport aux tubes criblés et au parenchyme.

Le liber contient un réseau de canaux sécrétateurs schizogènes radiaux, verticaux et horizontaux tangentiels (pl. IV, 1 à 8). Tous sont en relation les uns avec les autres (pl. IV, 6, 7 et 8). Les canaux verticaux sont entourés de parenchyme aliforme souvent confluent. Dans les tiges âgées, beaucoup de ces canaux sont disposés en cercles concentriques, soulignés par le parenchyme confluent.

Toutes les cellules du liber contiennent en quantité variable des grains d'amidon ainsi que des cristaux prismatiques ou mâclés d'oxalate de calcium.

Étant donné le développement du liber, les formations primaires ont presque totalement disparu. Cependant, on retrouve encore les fibres périphloémienne qui se constituent rapidement dans la jeune tige, entre le phloème primaire et le parenchyme cortical (PETER, 1903, pl. I, fig. 1 et 2). Ces massifs fibreux, qui ont résisté à la compression grâce à l'épaisseur et à la lignification des parois, se retrouvent peu à peu inclus dans le liber (pl. IV, 3). Ils se distinguent des amas de fibres libériennes par leur forme en croissant allongé radialement ou obliquement, leurs cellules de diamètre plus petit (environ 15-25  $\mu\text{m}$ ) et à parois plus fines (4  $\mu\text{m}$ ), et par l'absence de cristaux. Au fur et à mesure du vieillissement de la plante, ces massifs fibreux ont tendance à se fragmenter et à se déformer en raison de la croissance du liber. Il n'y a pas d'autres éléments primaires reconnaissables.

Le liber se caractérise donc essentiellement par son développement important et son triple réseau de canaux sécrétateurs (verticaux, tangentiels et radiaux) en relation les uns avec les autres. Ces canaux sécrètent l'encens recueilli par incision profonde de l'« écorce » (voir TSCHIRCH, 1906 : 411).

Le liber possède des fibres cristallifères et septées, mais en faible quantité par rapport aux tubes criblés et au parenchyme. Bien que l'alternance des couches de fibres et d'éléments non lignifiés ne soit pas régulière, comme chez la vigne par exemple, on peut cependant admettre que ce liber est stratifié.

Enfin, il y a développement important du parenchyme, lié à la disparition des rayons. Le plus souvent, le liber, peu développé, a pour fonction principale la conduction. Chez *Boswellia sacra*, une deuxième fonction apparaît, la sécrétion, favorisée par l'apparition massive de ce tissu parenchymateux dans le liber âgé et par le développement de canaux sécrétateurs tangentiels.

## V. LE PÉRIDERM

Conformément à ce qui est actuellement admis, nous désignerons par ce terme l'ensemble des tissus formés par l'assise subéro-phellodermique, à savoir le suber et le phelloderm<sup>1</sup>.

1. Dans la littérature allemande consultée, le mot « Periderm » désigne les couches de suber qui s'exfolient.

La surface des axes présente des exfoliations assez régulières provenant de la partie externe du périderme. Les feuillets ainsi formés sont ridés longitudinalement et se détachent de la branche en s'enroulant sur eux-mêmes à la suite de déchirements transversaux (pl. II, 1). Sur un axe adulte, nous avons observé 4 couches susceptibles de s'exfolier.

Le phellogène est constitué de plusieurs assises de cellules rectangulaires à parois cellulosiques fines, et présentant des méats. Certaines cellules contiennent un cristal prismatique d'oxalate de calcium. Parmi ces cellules à parois fines on trouve de nombreux massifs assez régulièrement disposés suivant plusieurs cercles concentriques, le nombre de cercles dépendant de l'âge de l'axe. Il s'agit de sclérenchyme dérivant directement du phellogène, dont les cellules ont des parois fortement épaissies (10  $\mu\text{m}$ ) et lignifiées et contiennent souvent un cristal prismatique d'oxalate de calcium (pl. V, 1, 2 et 5).

D'après PETER (1903 : 520 et 522 ; pl. I, fig. 1 et 2), l'assise génératrice (phellogène) se forme très tôt dans la tige, près du point végétatif. Elle se met en place avant le cambium libéro-ligneux et est d'origine sous-épidermique<sup>1</sup>.

Près de cette assise génératrice, les premiers éléments de suber forment 2 ou 3 couches de cellules non encore subérifiées, aplatis radialement (environ 12  $\mu\text{m}$  de large) et le plus souvent allongées tangentielle (jusqu'à 150  $\mu\text{m}$  de long), rarement plus courtes (30  $\mu\text{m}$ ) ; leur hauteur moyenne est d'environ 20  $\mu\text{m}$ . Les parois subérifiées sont assez fines (2-3  $\mu\text{m}$ ) ; quand on s'éloigne du phellogène, les cellules subérifiées se flétrissent, sont compressées radialement et leur lumen est très réduit (pl. V, 5 et 6).

Les couches qui s'exfolient sont épaisses d'une dizaine de cellules (pl. V, 1 et 2). Le phénomène de desquamation est dû à la présence d'assises successives de cellules particulières, les cellules phelloïdes. La structure de ces cellules a été observée d'abord chez *Boswellia papyrifera* par DE BARY (1877 : 116-119, 121, 566), von HÖHNEL (1878 : 531 et suivantes), MOELLER (1882 : 321-322) et von MOHL (1861 : 229), puis chez « *Boswellia carteri* » par PETER (1903 : 522-525).

En lames minces traitées au carmino-vert, ces cellules se distinguent des autres par leur couleur : la paroi interne et une très faible partie des parois latérales sont épaissies et lignifiées, donc vertes (pl. V, 5 et 6) ; le reste des parois latérales et la paroi externe sont plus fins et subérifiés (couleur brun clair). C'est au niveau des parois latérales, les plus fines de toutes, que se fera la rupture. En examinant à plat la partie externe d'un feuillet détaché d'un axe, on observe un réseau formé par les parois latérales épaissies en partie. La paroi interne présente de nombreuses stries longitudinales souvent anastomosées (pl. V, 3 et 4).

Les auteurs ayant étudié *Boswellia papyrifera* avaient remarqué que les parois des cellules phelloïdes étaient silicifiées ; d'après PETER, il en est de même chez « *B. carteri* ». HÖHNEL (1878 : 607) et PETER (1903 : 523) constatent, respectivement chez *B. papyrifera* et « *B. carteri* », que la desquamation ne se fait pas à chaque couche de cellules phelloïdes, si bien que les feuillets détachés contiennent de telles cellules n'ayant pas fonctionné. Ce fait n'a pas été observé dans nos échantillons.

Le périderme, et plus précisément le suber, a donc une structure assez particulière, due surtout à la présence de cellules phelloïdes. Leur rupture en deux parties permet la

1. En fait, nous ne pouvons pas préciser si elle provient d'un recloisonnement péricline des cellules de l'épiderme ou si elle dérive de l'assise sous-épidermique. Ce qui est certain, c'est qu'elle n'est pas d'origine profonde, car dans les jeunes tiges l'épiderme recouvre directement la première assise de suber.

desquamation. Ainsi, sur la face externe d'un feuillet on trouvera la paroi lignifiée des cellules phelloïdes et, sur la face interne du feuillet précédemment exfolié, on aura le reste de l'assise, c'est-à-dire les parois subérifiées. Ce type de desquamation peut être rapproché de ce que l'on observe sur l' « écorce » de bouleau, où le liège est constitué d'une alternance de couches de cellules à parois fines et épaisses (liège mou et liège dur) ; la rupture se fait au niveau des cellules à parois fines. Cependant, le mécanisme est plus complexe chez *Boswellia* du fait de l'architecture particulière des cellules phelloïdes. Dans un cas comme dans l'autre, il ne s'agit pas d'un rhytidome puisque celui-ci implique le fonctionnement d'assises génératrices successives.

Chez *B. sacra*, nous avons vu que le phellogène était d'origine sous-épidermique ; il est remarquable de constater que cette assise fonctionne la première, avant le cambium libéro-ligneux ce qui, semble-t-il, est un cas exceptionnel.

Quant au phelloderme, il se remarque par son épaisseur relativement importante et par la sclérisation de certaines de ses cellules.

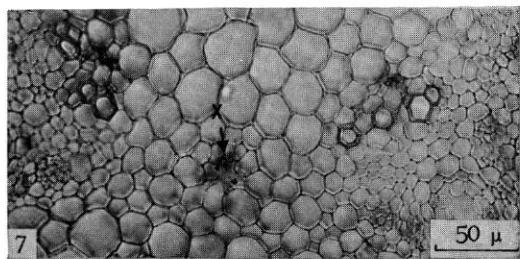
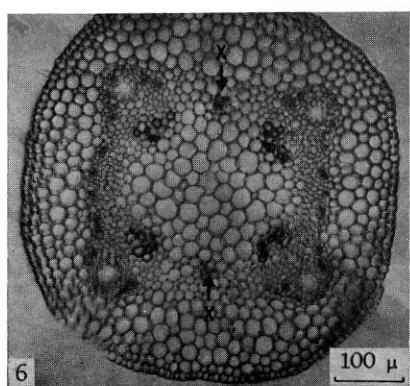
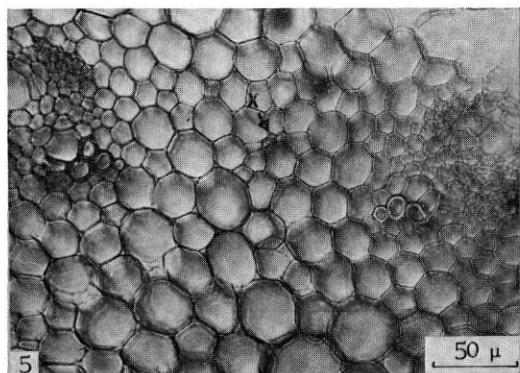
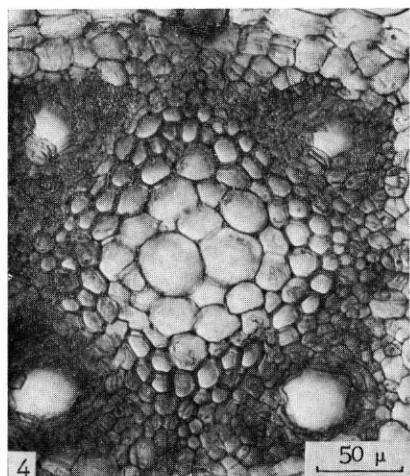
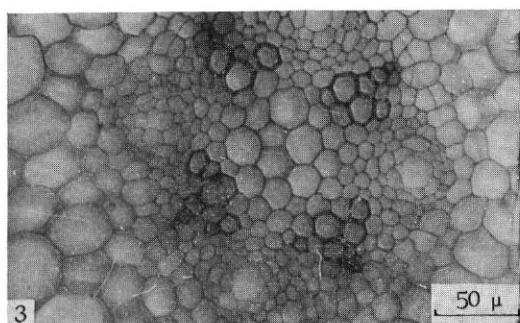
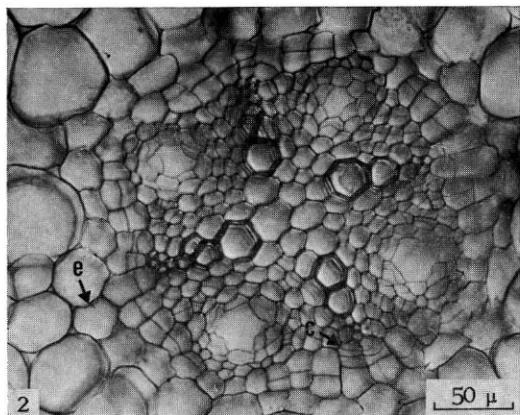
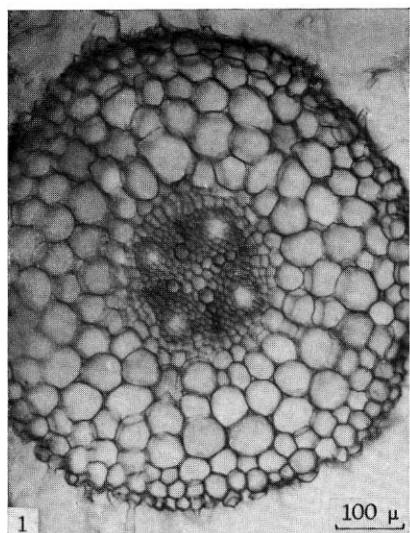
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- BARY, A. DE, 1877. — Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig, xvi + 663 p., 241 fig.
- BOUREAU, Ed., 1952. — L'évolution des végétaux et l'anatomie des plantules. *Annls Biol.*, **28** (7-8) : 163-191, 19 + 2 fig.
- GUILLAUMIN, A., 1909. — Recherches sur la structure et le développement des Burséracées, application à la systématique. *Annls Sci. nat., Bot.*, 9<sup>e</sup> sér., **10** : 201-302, 62 fig.
- HÖHNERL, F. von, 1878. — Über den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. *Sber. Akad. Wiss., Wien, Math.-Nat. Kl.*, **76** (1) : 507-662, pl. I et II.
- METCALFE, C. R., & L. CHALK, 1950. — Anatomy of the Dicotyledons. Clarendon Press, Oxford, **1** : 341-349, fig. 78 et 79.
- MOELLER, J., 1882. — Anatomie des Baumrinden. Vergleichende Studien, Berlin, viii + 447 p., 146 fig.
- MOHL, H. von, 1861. — Über das Kieselkalkskelett lebender Pflanzenzellen. *Bot. Zeit.*, **19** (30) : 209-215 ; **19** (31) : 217-221 ; **19** (32) : 225-231.
- PETER, A., 1903. — Beiträge zur Anatomie der Vegetationsorgane von *Boswellia carteri* Birdw. *Sber. Akad. Wiss., Wien, Math.-Nat. Kl.*, **112** (1) : 511-534, pl. 1-3.
- TSCHIRCH, A., 1906. — Die Harze und die Hazbehälter mit Einschluss der Milchsäfte. Leipzig, xxii + 1268 p., 104 fig.
- WEBBER, I. E., 1941. — Systematic anatomy of the woods of the Burseraceae. *Lilloa*, **6** : 441-465, pl. I-IV.

*Manuscrit déposé le 8 mars 1979.*

PLANCHE I

1. — Coupe transversale de la racine au niveau de la zone pilifère.
2. — Coupe transversale de la racine au niveau de la zone pilifère : détail du cylindre central. Faisceaux de xylème primaire en alternance avec les faisceaux de phloème primaire. Chacun de ces derniers contient un canal sécréteur. Près des pôles ligneux, on remarque quelques cloisonnements périclines indiquant la formation du futur cambium (c). Le péricycle comprend 2 assises de cellules. Les cellules de l'endoderme (e) ont des parois radiales sinuées avec un léger épaississement signifié (cadre de Caspary).
3. — Coupe transversale de la racine au niveau de la zone subéreuse. En plus du xylème primaire centripète, on remarque quelques cellules de xylème primaire intermédiaire tangentiel.
4. — Coupe transversale de la base de l'hypocotyle. Les éléments de xylème primaire tangentiel se développent et se rejoignent d'un faisceau à l'autre ; le xylème devient alors superposé au phloème ; le diamètre de la moelle augmente.
5. — Coupe transversale au milieu de l'hypocotyle. Le xylème primaire centripète n'est plus représenté que par quelques petites cellules (x). Le xylème fonctionnel est centrifuge et superposé au phloème.
6. — Coupe transversale au sommet de l'hypocotyle, à la base de l'insertion des cotylédons. La moelle s'est beaucoup développée. Le xylème primaire centripète alterne n'existe plus que sous forme de traces (x).
7. — Détail de la coupe précédente. Le xylème centripète alterne est presque totalement résorbé ; seule sa trace subsiste (x).



*PLANCHE I*

PLANCHE II

1. — Aspect extérieur d'une branche de *Boswellia sacra*, section transversale polie, feuillet de suber isolé. Remarquer à gauche le mode de desquamation des feuillets de suber par déchirements transversaux et enroulement.
2. — Coupe transversale d'une branche montrant principalement la grande épaisseur du liber, dont les canaux sécréteurs verticaux, entourés de parenchyme aliforme, sont disposés en cercles concentriques.
3. — Parenchyme médullaire et premiers éléments de xylème (coupe transversale). De nombreuses cellules de parenchyme ont des parois légèrement épaissies et lignifiées. A la périphérie de la moelle, on trouve des canaux sécréteurs verticaux bordés de cellules sécrétrices et entourés, surtout du côté abaxial, par de petites cellules parenchymateuses.
4. — Aspect général de la coupe transversale du xylème secondaire montrant la disposition des vaisseaux.
5. — Détail de la coupe transversale du xylème secondaire. Au centre, un rayon ligneux dont une cellule renferme un cristal d'oxalate de calcium. Les fibres contiennent des grains d'amidon. Les cellules de parenchyme paratrachéal sont rares, reconnaissables à leurs petites ponctuations simples (p).

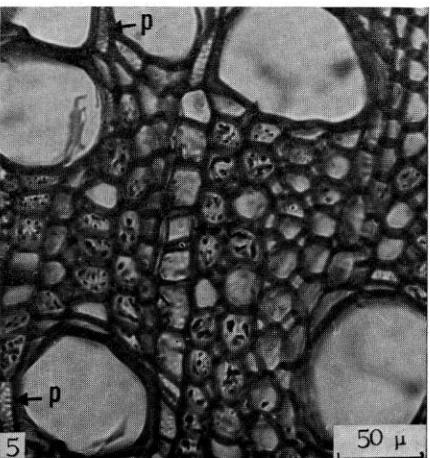
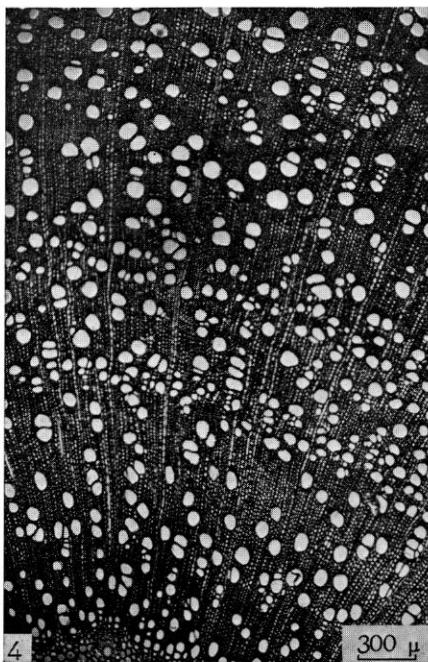
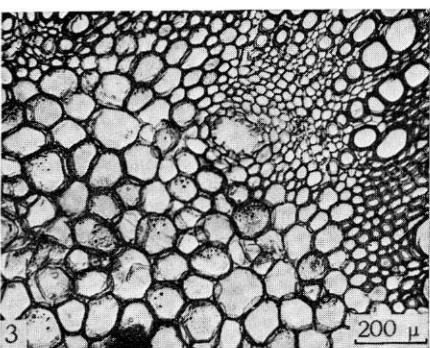
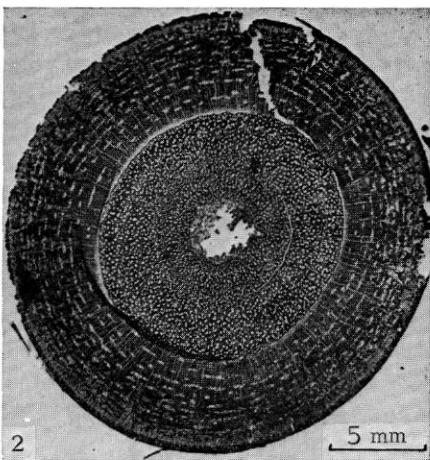


PLANCHE III

1. — Coupe tangentielle du bois : aspect des rayons ligneux, des vaisseaux dont les éléments ont des marges de perforations plutôt inclinées, et des fibres renfermant de l'amidon.
2. — Détail du plan tangentiel : rayon bisérié dont on remarque les ponctuations simples des cellules ; fibres septées à terminaisons effilées, contenant de nombreux grains d'amidon.
3. — Plan tangentiel : détail d'un rayon pourvu d'un canal sécréteur.
4. — Plan tangentiel : ponctuations entre deux éléments de vaisseaux. Leur forme est plutôt hexagonale ; elles sont continguës et leur lumen est étiré horizontalement.
5. — Plan radial. Les rayons sont hétérogènes, composés de cellules couchées, carrées et dressées contenant des grains d'amidon. Remarquer la perforation simple du vaisseau. Les ponctuations vaisseau-rayon sont étirées horizontalement, simples ou plus ou moins aréolées (en haut).
6. — Plan radial. Les fibres septées contiennent des grains d'amidon et présentent de très petites ponctuations.

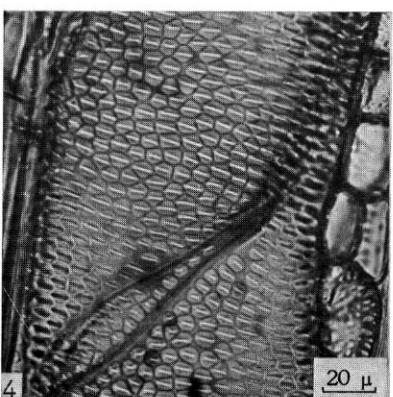
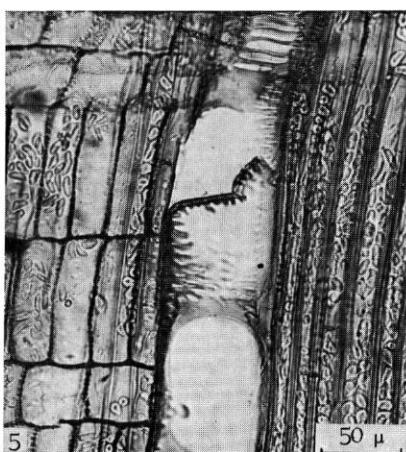
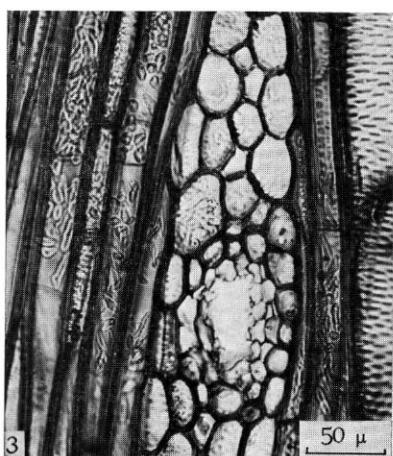
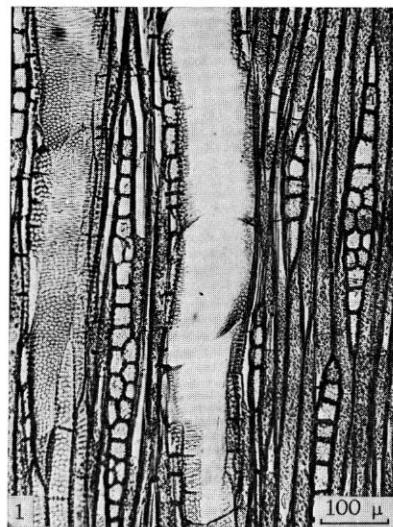


PLANCHE III

PLANCHE IV

1. — Vue générale du liber en coupe transversale. On remarque : près du bois, la zone cambiale et le liber dont les tubes criblés sont fonctionnels (1) ; une zone où les tubes criblés sont écrasés et dessinent des lisérés foncés de direction tangentielle (2) ; puis, vers la périphérie, les tubes criblés écrasés forment des figures plus complexes que dans la zone précédente ; les rayons deviennent sinueux et semblent s'élargir brusquement : ils sont remplacés par du parenchyme (3). Remarquer les canaux sécréteurs verticaux entourés de parenchyme aliforme. Ils sont absents (ou exceptionnels) dans la zone 1. Vers l'extérieur : périderme (4).
2. — Détail de la coupe transversale du liber au début de la zone 3. La parenchymatisation est importante. Les fibres libériennes forment des amas disposés en lignes tangentialles.
3. — Détail de la coupe transversale à la limite de la zone 3 et du périderme : les massifs de fibres périphloémiennes primaires (f) ont tendance à se disloquer et à être inclus dans le liber au fur et à mesure de sa croissance.
4. — Vue générale du plan tangentiel : deux rayons possèdent un canal sécréteur ; parenchyme ; canal sécréteur vertical.
5. — Détail d'un rayon contenant un canal sécréteur.
6. — Plan tangentiel : communication d'un canal sécréteur radial et d'un canal vertical.
7. — Plan radial au début de la zone 3. Les canaux sécréteurs tangentiels apparaissent au milieu d'îlots de parenchyme faisant suite aux rayons. Ces canaux communiquent avec les canaux verticaux.
8. — Plan transversal : canal tangentiel en communication avec deux canaux verticaux.
9. — Plan radial : détail des fibres libériennes septées. Les cristaux sont très abondants à la périphérie des massifs.

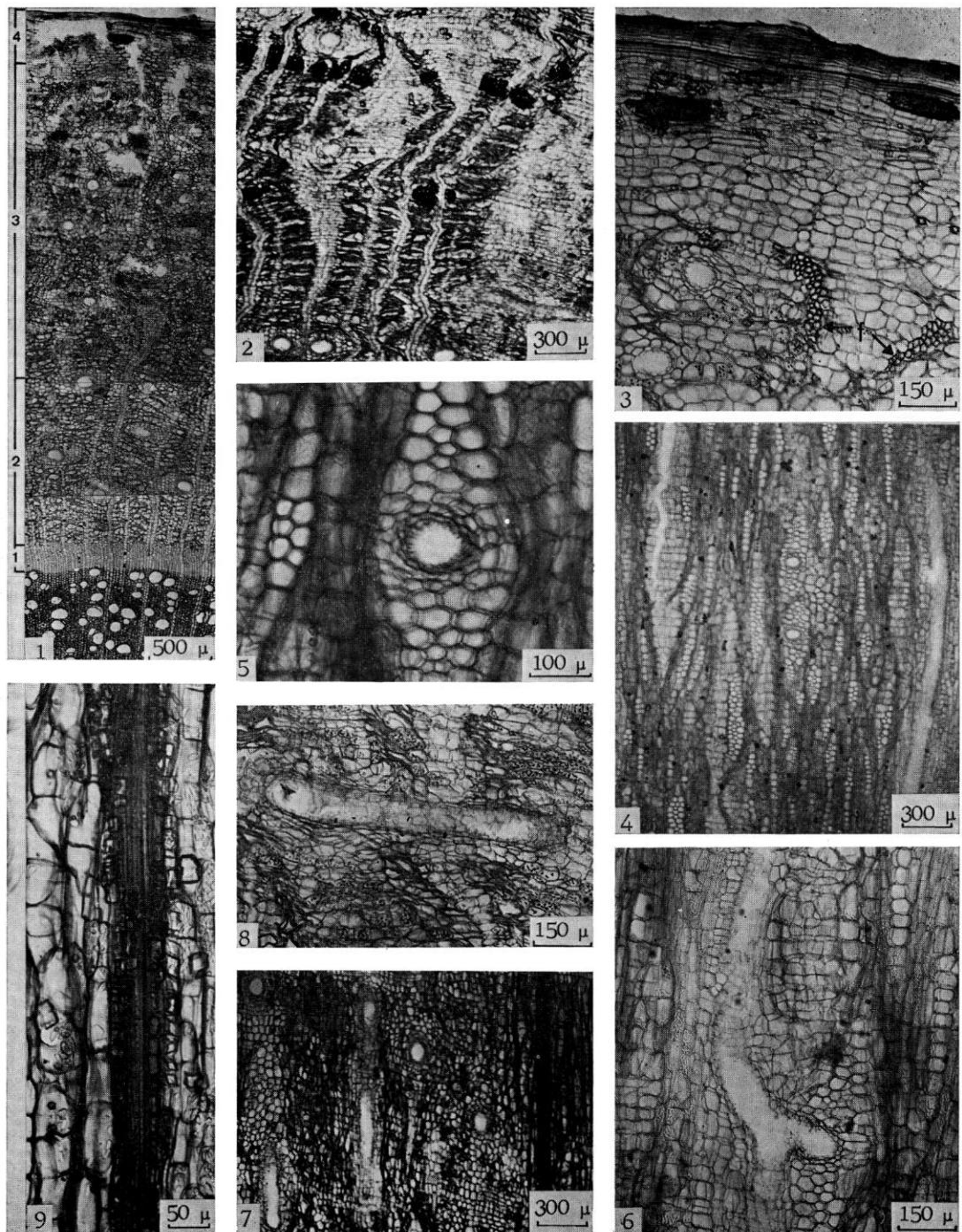
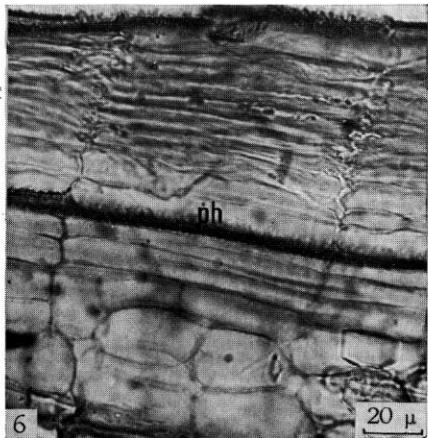
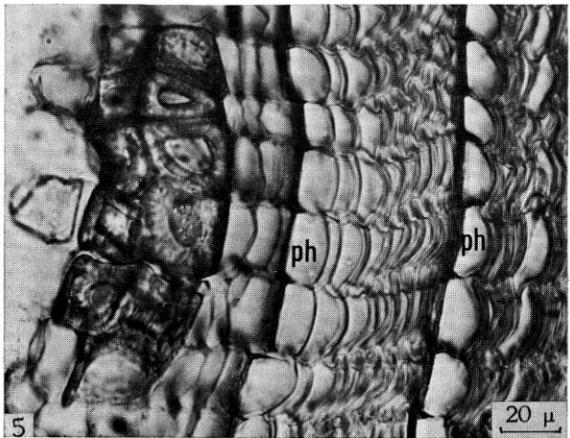
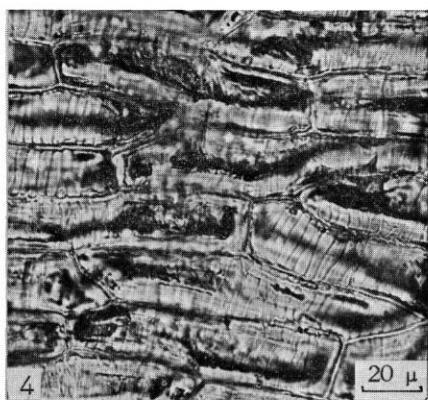
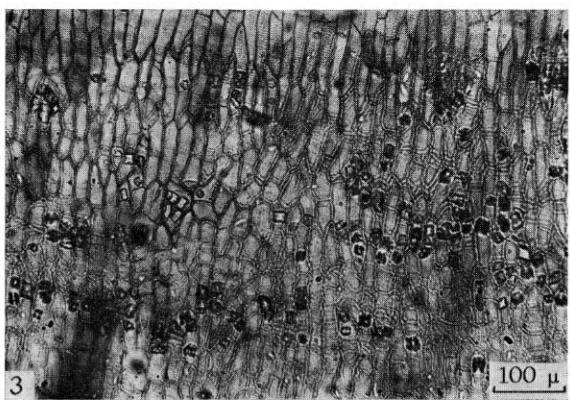
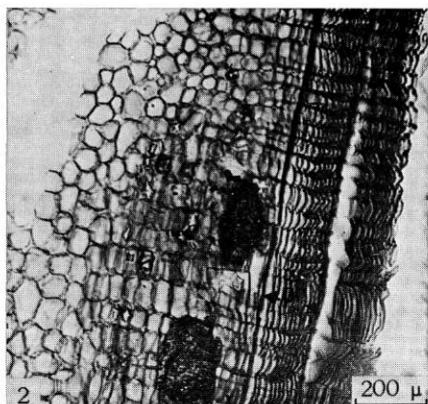
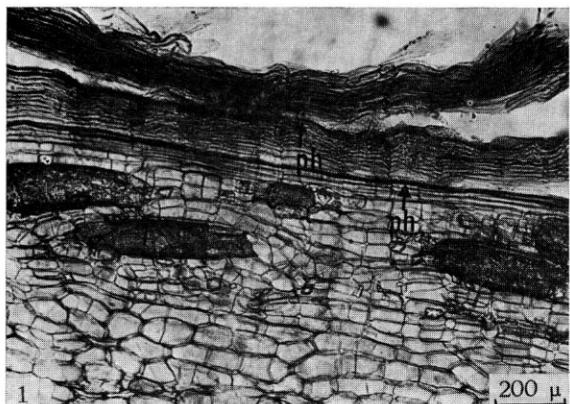


PLANCHE IV

PLANCHE V

1. — Coupe transversale au niveau du périderme. Le pheloderme contient des massifs de sclérenchyme. Le suber s'exfolie grâce à des couches successives de cellules phelloïdes (ph).
2. — Coupe longitudinale radiale du périderme. On remarque les mêmes éléments que précédemment.
3. — Cellules phelloïdes d'un feuillet de suber examiné à plat.
4. — Détail de la vue précédente. La paroi interne des cellules possède une ornementation sous forme de stries longitudinales plus ou moins bifurquées.
5. — Coupe longitudinale radiale du périderme. Détail des cellules phelloïdes (ph) dont la paroi interne et une faible partie des parois latérales sont lignifiées, silicifiées et fortement épaissees ; la paroi externe est subérifiée et fine. Les cellules de suber s'écrasent radialement en vieillissant. Le pheloderme contient des massifs de sclérenchyme formés de cellules cristallifères à parois fortement épaissees et lignifiées. Les cellules sont alignées avec celles du pheloderme et du suber ce qui indique bien qu'elles résultent du fonctionnement du phellogène et font donc partie du pheloderme. L'assise génératrice (phellogène) est une des trois couches de cellules visibles entre le massif de sclérenchyme et la première couche de cellules phelloïdes.
6. — Coupe transversale du périderme. Les cellules phelloïdes (ph) sont très allongées tangentielle. La denticulation de la paroi interne de ces cellules correspond aux stries longitudinales observées sur la figure 4.





## **Connaissances caryologiques actuelles sur le genre *Bupleurum* L. (Umbelliferae) : nombres chromosomiques et nombres de base**

par Anne-Marie CAUWET-MARC \*

**MOTS-CLÉS :** *Bupleurum* L., *Hermas* Reichb., *Heteromorpha* Cham. et Schlechtd. *Nirarathamus* Balf. — Caryologie, Polyplodie, Dysplodie, Aneuploidie, Nombres de base.

**Résumé.** — L'étude caryologique de 322 populations de *Bupleurum* L. a permis à l'auteur de déterminer le nombre chromosomique de 76 taxons (espèces, sous-espèces, variétés). Juxtaposées aux résultats caryologiques précédemment acquis pour ce genre qui compte environ 200 espèces, ces données portent à 90 le nombre de taxons pour lesquels la garniture chromosomique est connue.

**Abstract.** — The caryological study of 322 populations of *Bupleurum* L. allowed the author to determine the chromosome number of 76 species, sub-species and varieties. Added to the previous results for this genus, composed of 200 species, these numbers let know the caryological characteristics of 90 taxons.

L'approche caryologique du genre *Bupleurum* L. fut abordé pour la première fois en 1930 par SCHULZ-GAEBEL et MELDERIS. Depuis, et en particulier au cours des vingt dernières années, de nombreux résultats ont été publiés.

En effet, lorsqu'en 1967 nous avons entrepris l'étude caryosystématique du genre *Bupleurum* L., seuls les nombres chromosomiques de 25 espèces étaient connus. Actuellement, grâce au développement considérable des études de caryologie, 90 taxons ont pu être étudiés de ce point de vue. Les 322 populations pour lesquelles nous possédions des fixations nous ont amenée à déterminer le nombre chromosomique de 76 d'entre eux (espèces, sous-espèces et variétés) ; 51, soit plus de la moitié des données actuelles ont été citées pour la première fois par nous-même (CAUWET-MARC, 1976, fasc. II).

Si la caryologie a constitué l'une des bases de notre étude multidisciplinaire de biosystématique du genre *Bupleurum* L. dans le Bassin méditerranéen occidental, il n'en reste pas moins que les conclusions auxquelles nous avons abouti utilisait, pour chacune des disciplines, l'ensemble des données actuellement connues pour le genre. C'est ainsi que nous avons relevé 390 nombres chromosomiques dans 59 articles se rapportant au genre *Bupleurum* L. et à quelques genres affines ; nous les avons réunis dans un tableau qui classe les taxons par ordre alphabétique et donne, pour chacun d'eux, le nombre chromosomique cité ( $n$  et  $2n$ ), les auteurs ayant établi ce nombre, l'origine du matériel et, lorsqu'il s'agit de nos propres échantillons (ou d'échantillons récoltés pour nous), le numéro d'herbier correspondant.

\* Laboratoire de Biologie végétale, Centre Universitaire, 66025 Perpignan cedex.

LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES DANS LE TABLEAU

J.B. = Jardin botanique ; H.A. = Haut Atlas ; M.A. = Moyen Atlas ; Pyr. c. = Pyrénées centrales ; Pyr. orient. = Pyrénées orientales ; Htes Pyr. = Hautes Pyrénées ; Pyr. ariég. = Pyrénées ariégeoises ; NEU = Herbier de l'Institut botanique de Neuchâtel ; C = Herbier A.-M. CAUWET déposé au Laboratoire de Botanique du Centre Universitaire de Perpignan.

L'ensemble des données du tableau fait ressortir trois caractéristiques essentielles du genre *Bupleurum* L. :

1. l'existence de 5 nombres de base différents : 4, 6, 7, 8 et 11 ;
2. l'importance prépondérante de la polyploïdie surtout chez les taxons du Bassin occidental de la Méditerranée ;
3. l'existence de phénomènes de dysploïdie (présence simultanée de 2 nombres de base dans le même taxon) et d'aneuploïdie (présence simultanée de deux nombres de base sur un même individu ou dans une même population).

Les nombres de base actuellement connus pour ce genre restent cependant très inégalement représentés :

—  $x = 4$  a été signalé une seule fois chez *B. komarovianum* Lincz. par GURZENKOV et GOROVY en 1971 ;

—  $x = 6$  a été mis en évidence dans sept taxons dont trois (*B. triradiatum* Adams, *B. scorzonerifolium* Willd. et *B. longiradiatum* Lincz.) ont pour nombre de base à la fois 6 et 8 ;

—  $x = 11$  a été cité 2 fois chez *B. rotundifolium* L. <sup>1</sup> (MELDERIS, 1930) et *B. bicaule* Helm. (ROSTOVTSEVA, 1976) ;

—  $x = 7$  et  $x = 8$  sont de beaucoup les plus fréquents ; à notre connaissance 17 espèces ont pour nombre de base  $x = 7$  et 56 ont pour nombre de base  $x = 8$  (CAUWET-MARC, 1979).

Nous remarquerons cependant que, si les nombres 7 et 8 peuvent se rencontrer chez une même espèce (*B. rigidum* L., *B. atlanticum* Murb. et *B. montanum* Coss.) de même que 6 et 8 (*B. scorzonerifolium* Willd., *B. triradiatum* Adams et *B. longiradiatum* Turecz.), les nombres de base 6 et 7 n'ont été cités jusqu'ici que chez *B. bicaule* Helm. et cela à des degrés différents de polyploïdie. Si nous sommes donc assurée des passages 8 → 6 et 8 → 7, nous attendrons de nouveaux comptages pour justifier le passage 7 → 6.

Sans entrer dans une interprétation détaillée de l'ensemble de ces données, l'existence dans le genre *Bupleurum* L. d'un individu de *B. komarovianum* Lincz. présentant 4 paires distinctes de chromosomes, permet de pressentir  $x = 4$  comme le nombre de base originel du genre ; elle semble ainsi justifier l'hypothèse de WANSCHER (1933 et 1934), qui faisait de 4 le nombre de base originel de la famille des Ombellifères.

1. Comme les nombreux comptages effectués depuis 1930 chez *B. rotundifolium* L. n'ont pas permis de retrouver ce nombre, il ne semble que l'on puisse retenir  $x = 11$  comme nombre de base de cette espèce.

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE <sup>1</sup>	N° HERBIER
* <i>B. acutifolium</i> Boiss.		32	CAUWET, 1976	Portugal : San Luis	<i>C 74.14</i>
* <i>B. affine</i> Sadl.		16	CAUWET, 1967	J. B. Košice (Tchécoslovaquie) (J. B. Perpignan)	Plantule
<i>B. aira</i> Snog.		14	SNOGERUP, 1962	Grèce : Naxos	
* <i>B. album</i> Maire	16	32	CAUWET, 1971	Maroc : Telouet (H. A.)	<i>C 69.71</i>
	16		CAUWET, 1975	Maroc : entre Telouet et Aït Tat- lane (H. A.)	<i>C 72.26</i>
<i>B. americanum</i> Coul. et Rose	11		BELL et CONSTANCE, 1966	Yukon : nord de Whitehorse	
		28	JOHNSON et PACKER, 1968	Amérique du Nord : mont Alberta	
		32	JOHNSON et PACKER, 1968	Amérique du Nord : mont Alberta	
		14	JOHNSON et PACKER, 1968	Alaska : Ogotoruk Creek	
	14	32	PACKER et PHERSON, 1974	Meade River (M. 72-412)	
	14	28	CONSTANCE, 1974 (comm. pers.)	Amérique du Nord	
			CAUWET, 1976	Amérique du Nord : Rocky Moun- tain of Wyoming Big Horn Coun- ty (D. J. Crawford n° 784)	<i>C 73.01</i>
<i>B. angulosum</i> L.		14	KÜPFER et FAVARGER, 1967	France : Pyrénées	
		14	FAVARGER et KÜPFER, 1968	France : Gavarnie (Htes Pyr.)	
	7	14	CAUWET, 1967	France : col de Peyresourde (Pyr. c.)	<i>C 67.12</i>
	7	14	CAUWET, 1967	France : col du Pourtalet (Pyr. c.)	<i>C 67.10</i>
	7	14	CAUWET, 1967	France : col d'Aubisque (Pyr. c.)	<i>C 66.05</i>
	7	14	CAUWET, 1967	France : Laurenti (Pyr. ariég.)	<i>C 65.01</i>
	7	14	CAUWET, 1967	France : Vallée du Galbe (Pyr. orient.)	<i>C 66.07</i>

\* Nombres chromosomiques établis pour la première fois par l'auteur.

1. Lorsque l'origine de la population étudiée n'était pas indiquée par l'auteur nous nous sommes limitée à citer le pays dans lequel l'étude avait été faite.

2. JC = fixations effectuées sur cultures au Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, par J. CARBONNIER. Herbiers correspondants déposés au laboratoire de Chimie du Muséum.

3. J. Co = fixations effectuées sur le terrain par J. CONTANDRIOPoulos (Marseille).

4. PK = fixations effectuées sur cultures à l'Institut de Botanique de Neuchâtel par P. KÜPFER. Herbiers déposés à l'Institut de Botanique de Neuchâtel (Suisse).

5. JW = fixations effectuées sur le terrain par J. WIFFERING (Leiden).

6. Publié par erreur sous le nom de *B. glumaceum* Sibt. et Sm. (CAUWET, 1967).

7. Certains des résultats rapportés ici l'ont été par des auteurs sous le nom de *B. falcatum* L. var. *scorzenerifolium* (Willd.) Ledeb.

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	N° HERBIER
* <i>B. aristatum</i> Bartl.		16	CAUWET, 1976	Espagne : El Tajal (Teruel)	C 71.15
* <i>B. atlanticum</i> Murb.	7	14	CAUWET, 1975	Maroc : tizi n'Ghourane (H. A.)	C 69.67
*subsp. <i>atlanticum</i>	14	28	CAUWET, 1975	Maroc : Telouet (H. A.)	C 72.14
	14	28	CAUWET, 1975	Maroc : Telouet (H. A.)	C 72.28
	14	28	CAUWET et CARBONNIER, 1976b	Maroc : Asni (H. A.)	C 69.66
	14	28	CAUWET et CARBONNIER, 1976b	Maroc : Amizmiz (H. A.)	C 69.65
	14	28	CAUWET et CARBONNIER, 1976b	Maroc : Telouet (H. A.)	C 69.68
*subsp. <i>mairei</i> (Panel. et Vindt) Cauwet et Carbonnier <i>comb. nova</i>	15	30,31	CAUWET et CARBONNIER, 1976a	Maroc : tizi n'Fedghat (H. A.)	C 72.29
		32			
*subsp. <i>aiouense</i> Cauwet et Carbonnier	16	32	CAUWET, 1971	Maroc : Itzer (M. A.)	C 69.70
	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : refuge de Tambla (H. A.)	C 72.34
		32	CAUWET, 1975	Maroc Zaouia Ahensal (H. A.)	C 72.43
	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : tizi n'Talhremt (H. A.)	C 72.48
	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : entre Ifrane et Boulemane (M. A.)	C 72.54
	16		CAUWET, 1975	Maroc : piste vers Skoura (M. A.)	C 72.57
	16		CAUWET, 1975	Maroc : piste vers Skoura (M. A.)	C 72.59
*subsp. <i>algeriense</i> Cauwet et Carbonnier	16	32	CAUWET, 1976	Algérie : djebel Senalba	C 75.180
	16		CAUWET, 1976	Algérie : djebel Ksel	C 75.182
		32	CAUWET, 1976	Algérie : massif de l'Ouarsenis	C 75.198
		32	CAUWET, 1976	Algérie : massif de l'Ouarsenis	C 75.202
		32	CAUWET, 1976	Algérie : massif de l'Ouarsenis	C 75.203
<i>B. aureum</i> Fisch.	8		HÅKANSSON, 1953	Origine inconnue	
		16	MALAKHOVA, 1971	URSS : Sajan occidental	
		16	KARTASHOVA, 1974	URSS : Vallée de l'Ob	
	8		ROSTOVTEVA, 1975	URSS : Novosibirsk	
		16	CAUWET, 1976	URSS : J. B. Moscou (PK 66.618) <sup>4</sup> NEU	
		16	CAUWET, 1976	URSS : Tomsk (PK 69.200) <sup>4</sup> NEU	
* <i>B. balansae</i> Boiss. et Reut.					
var. <i>balansae</i> (Boiss. et Reut.) J. Panelatti					
*f. <i>sessile</i> (Clary) Wolff	32	CAUWET, 1976	Algérie : Oran	C 69.01	
	32	CAUWET, 1976	Algérie : Oran	C 71.04	
	32	CAUWET, 1976	Algérie : oued Imbert (Oran)	C 75.193	
	32	CAUWET, 1976	Algérie : djebel Murdjardjo (Oran)	C 75.194	
	32	CAUWET, 1976	Algérie : sud de Cherchell	C 75.196	

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	N° HERBIER
* <i>f. mauritanicum</i> (Batt.) Wolff	16	32	CAUWET, 1976	Algérie : Ras el Mâ (Oran)	C 75.184
*var. <i>longiradiatum</i> Faure et Maire	16		CAUWET, 1976	Algérie : Aïn tataouine (Tlemcen)	C 75.191
<i>B. baldense</i> Turra	16		CAUWET, 1967	J. B. Dijon	Plantule
	16		VAN LOON, GADELLA et KLIPHUIS, 1971	France : Montpellier (Hérault)	
	16		CAUWET, 1976	France J. B. Nantes (JC 75.128) <sup>2</sup>	Plantule
<i>B. barceloi</i> Cosson	12	24	CAUWET, 1976	Illes Baléares : Soller	C 72.77
	12	24	CAUWET, 1976	Illes Baléares : J.B. Kew 73.733	C 76.22
<i>B. bicaule</i> Helm	6,11		ROSTOVTEVA, 1975	URSS : Région d'Altai	
	14,18		ROSTOVTEVA, 1975	URSS : Région d'Altai	
<i>B. candollei</i> Wall.	8		WANSCHER, 1932	J. B. Copenhague	
	8		MEHRA et DHAWAN, 1971	Inde : W. Himalaya, Kilbari, Nainital	
	16		CAUWET, 1976	J. B. Halle (DDR)	Plantule
* <i>B. croceum</i> Fenzl.	16		CAUWET, 1969	Turquie : bordure de champ à Asyon (J. Co.) <sup>3</sup>	C 67.40
<i>B. canescens</i> Schousb.	32		CAUWET, 1975	Maroc : Cap Rhir	C 72.05
	32		CAUWET, 1976	Maroc : Cap Rhir (Mathez n° 5969)	
	32		CAUWET, 1976	Maroc : Cap Rhir (Pelletier)	
* <i>B. davisii</i> Snog.	16		CAUWET, 1967 <sup>6</sup>	Turquie Asoké (J. Co.) <sup>3</sup>	C 70.07
<i>B. dianthifolium</i> Guss.	8		MARANO, 1954	Sicile : île Marettimo	
	32		FABBRI, 1969	Sicile : île Marettimo	
<i>B. dilatatum</i> Schur.	32		BAKSAY, 1957	Hongrie Centrale : monts Csokaka	
* <i>B. distichophyllum</i> Wight. et Arn.	16		CAUWET, 1976	Inde : Palni (JC 74.243) <sup>2</sup>	Plantule
	16		CAUWET, 1976	Inde : Palni (Blasco)	C 74.03
* <i>B. dumosum</i> Coss.	32		CAUWET, 1976	Maroc : entre Essaouira et Agadir (JC 74.173) <sup>2</sup>	Plantule

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	N° HERBIER
<i>B. euphorbioides</i> Nakai		12	GURZENKOV et GOROVY, 1971	URSS : montagne de Oblatchnaïa	
<i>B. falcatum</i> L.	8	16	BAKSAY, 1957	Montagnes de Hongrie	
		16	BELL et CONSTANCE, 1957	J. B. Liège	
		16	CHESNOY, 1962	Origine inconnue	
		16	CAUWET, 1967	France : Llo (Pyr. orient.)	C 66.19
		16	CAUWET, 1969	France : col du Pourtalet (Pyr. c.)	C 67.29
		16	CAUWET, 1969	France : col de la Gleize (Htes Alpes)	C 68.17
		16	CAUWET, 1971	France : versant sud du Ventoux (Alpes du Sud)	C 68.20
	8	16	MEHRA et DHAWAN, 1971	Inde : W. Himalaya, Rampur, Simla	
		16	CAUWET, 1976	France : montée du col d'Allos (Basses Alpes)	C 68.19
		16	CAUWET, 1976	France : Merey (Basses Alpes)	C 68.21
		16	CAUWET, 1976	France : Llo (Pyr. orient.)	C 69.26
		16	CAUWET, 1976	France : Trencada d'Ambulla (Pyr. orient.)	C 69.41
		16	CAUWET, 1976	France : La Foux (Basses Alpes)	C 68.16
		16	CAUWET, 1976	France : col d'Allos (Basses Alpes)	C 68.18
		16	CAUWET, 1976	J. B. Halle (PK 68.238) <sup>4</sup>	Plantule
		16	CAUWET, 1976	J. B. Dijon (PK 69.885) <sup>4</sup>	Plantule
		16	CAUWET, 1976	France : Ste Énimie (Cévennes) (PK 61) <sup>4</sup>	C 70.09
		16	CAUWET, 1976	J. B. Leipzig (PK 69.4130) <sup>4</sup>	Plantule
		16	CAUWET, 1976	Suisse : Gd Veymont (PK 72.1427) <sup>4</sup>	NEU
		16	CAUWET, 1976	J. B. Bratislava (PK 70.1567) <sup>4</sup>	NEU
		16	CAUWET, 1976	Népal : Kando (Dobremez RCP Népal)	C 73.10
var. <i>exaltatum</i> M.-B.		16	CAUWET, 1976	France : Melezen (Basses Alpes) (PK 70.723) <sup>4</sup>	NEU
var. <i>scorzonerifolium</i> (Willd.) Ledeb. (cf. <i>B. scorzonerifolium</i> Willd.)					
<i>B. faurelii</i> Maire	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : massif de Tichchoukt (M. A.)	C 72.56
* <i>B. foliosum</i> Salzm.	7	14	CAUWET, 1975	Maroc : belvédère de Sidi Amar (Tanger)	C 72.76

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	N° HERBIER
<i>B. fruticescens</i> L.					
*var. <i>fruticescens</i>	16	32	CAUWET, 1969, 1970	Espagne : Zaragoza	C 67.07
	16	32	CAUWET, 1969, 1970	Espagne : Bunol (Valence)	C 67.03
	16	32	CAUWET, 1969, 1970	Espagne : Riopar (Albacete)	C 67.05
	16	32	CAUWET, 1970	Espagne : Alcaraz (Albacete)	C 67.06
	16	32	CAUWET, 1975	Espagne : Badalona (Barcelona)	C 71.07
	16	32	CAUWET, 1975	Espagne : Nogueruela (Teruel)	C 71.17
	16	32	CAUWET, 1975	Espagne : Alcaniz (Teruel)	C 71.16
*var. <i>elatius</i> Lange	16	32	CAUWET, 1969, 1970	Espagne : Sa de Boumort (Catalogne)	C 66.03
		32	CAUWET, 1975	Espagne : Garganta de Organa (Catalogne)	C 66.04
		32	CAUWET, 1975	Espagne : Reus (Catalogne)	C 71.18
		32	CAUWET, 1975	Espagne : Manresa (Catalogne)	C 72.78
<i>B. fruticosum</i> L.	14		WANSCHER, 1933	J. B. Kew, Copenhague et Édimbourg	
	14		MALHEIROS-GARDE et GARDE, 1951	J. B. Faculté des Sciences de Lisbonne	
	14		CAUWET, 1967	France : Villefranche du Conflent (Pyr. orient.)	C 66.01
	14		CAUWET, 1967	France : Cases de Pène (Pyr. orient.)	C 66.02
	14		CAUWET, 1976	France : Cases de Pène (Pyr. orient.)	C 73.07
	14		CAUWET, 1976	Espagne : Cazorla (Murcie)	C 71.07
	14		CAUWET, 1976	Espagne : Malaga (Malaga)	C 72.83
	14		CAUWET, 1976	Algérie : Cap Carbon (Bougie)	C 75.163
	14		CAUWET, 1976	Algérie : entre Tichy et Jijel (Kabylie)	C 75.165
	14		CAUWET, 1976	Algérie : environs de Blida	C 75.175
	14		CAUWET, 1976	France : Alpes-Maritimes	C 70.327
<i>B. gerardi</i> All.	16		MALHEIROS-GARDE et GARDE, 1951	Portugal : Santa Clara (Coimbra)	
	16		CAUWET, 1971	Turquie : versant sud Boz Dag (J.Co) <sup>3</sup>	
	16		QUEIROS, 1972	Portug : Quinta do Britelo, Braganca Valbom, na estrada para Penacova	C 69.83

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	Nº HERBIER
		16	CAUWET, 1976	Portugal : Coimbra (PK 71.1345) <sup>4</sup>	NEU
		16	CAUWET, 1976	France : J. B. Nantes (JC) <sup>2</sup>	C 76.55
* <i>B. gibraltaricum</i> Lam.		14	CAUWET, 1967	Espagne : Sa Nevada (Granada)	C 67.14
		14	CAUWET, 1967	Espagne : Santa Lucia (Jaen)	C 70.01
		14	CAUWET, 1967	Espagne : entre Ojen et Coin (Málaga)	C 71.11
		14	CAUWET, 1976	Algérie : Dhaya	C 75.186
		14	CAUWET, 1976	Algérie : Tlemcen	C 75.190
		14	CAUWET, 1976	Algérie : Sidi bel Abbès	C 75.192
		14	CAUWET, 1976	Algérie : Oran	C 75.195
		14	CAUWET, 1976	Tunisie : Zagouan	C 75.220
<i>B. glumaceum</i> Sibth. et Sm.		16	SNODGERUP, 1962	Grèce : Euboea, Paleochova	
	8	16	CAUWET, 1967	Grèce : mont Gamila (J.Co) <sup>3</sup>	C 66.25
<i>B. gracile</i> d'Urv.		14	SNODGERUP, 1962	Grèce : Cyclades	
* <i>B. handiense</i> Bolle		32	CAUWET, 1976	Iles Canaries : Fuerteventura (J. B. Neuchâtel)	C 76.01
		32	CAUWET, 1976	Iles Canaries : Fuerteventura (J. B. Perpignan)	C 76.22
		32	CAUWET, 1976	Jardin Botanique d'Oslo (JC 74.252) <sup>2</sup>	Plantule
* <i>B. heldreichii</i> Boiss.		16	CAUWET, 1976	Turquie : Cappadoce (JC 71.100) <sup>2</sup>	C 71.10
* <i>B. irregulare</i> Boiss. et Kotschy	8	16	CAUWET, 1971	Turquie : Bolkat Dag 2 500 m (J.Co) <sup>3</sup>	C 70.06
* <i>B. junceum</i> L.		16	CAUWET, 1967	France : mont Ventoux	C 66.26
		16	CAUWET, 1967	J. B. Neuchâtel	C 67.16
		16	CAUWET, 1969	France : Apt (Vaucluse)	C 68.06
		16	CAUWET, 1969	France : Prats de Mollo (Pyr. orient.)	C 69.03
		16	CAUWET, 1969	France : Evol (Pyr. orient.)	C 69.02
		16	CAUWET, 1976	France : Massif de la Séranne (Hé- rault)	C 74.11
<i>B. kaoi</i> Liu, Chao, Chuang	6		LIU, CHAO, CHUANG, 1961	Taiwan	
* <i>B. karglii</i> Vis.	8	16	CAUWET, 1967	Grèce : mont Gamila (J.Co) <sup>3</sup>	C 63.08

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	N° HERBIER
<i>B. komarovianum</i> Linez		8 24	GURZENKOV et GOROVY, 1971 CAUWET, 1976	URSS : Kraskino J. B. Muséum Paris (origine : Vladivostok)	
					C 73.33
<i>B. lanceolatum</i> Wall.	8		MEHRA et DHAWAN, 1971	Inde : W. Himalaya, Kchati, Almora	
<i>B. lancifolium</i> Hornem.		16	WANSCHER, 1933	J. B. Kew, Copenhague et Édimbourg	
		16	CHESNOY, 1962	Origine inconnue	
		16	CAUWET, 1967	Yugoslavie : Zagreb (J. B. Perpignan)	
		16	QUEIROS, 1972	Portugal : Portela do Gato, Coimbra	
		16	DJERDJOUR et GUITTONNEAU, 1976	Algérie : Hoggar (Terhenanet)	
		16	CAUWET, 1976	Turquie : Izmir-Bornova (PK 73.775) <sup>4</sup>	
		16	CAUWET, 1976	Portugal : Oeiras (PK 71.561) <sup>4</sup>	C 73.03
		16	CAUWET, 1976	Maroc : Oulmès (JC 74.172) <sup>2</sup>	C 71.23
<i>*B. lateriflorum</i> Cosson	14	28	CAUWET, 1975	Maroc : Hte vallée de l'Ourika (H.A.)	Plantule
	14	28	CAUWET, 1975	Maroc : Hte vallée de l'Ourika (H.A.)	C 72.19
	14	28	CAUWET, 1975	Maroc : Basse vallée de l'Ourika (H.A.)	C 72.20
					C 72.25
<i>B. longifolium</i> L.	8	16	SCHULZ-GAEBEL, 1930	Origine inconnue	
	8		WANSCHER, 1931	Origine inconnue	
		16	CAUWET, 1967	Suisse : Creux du Van (Jura)	C 66.09
	8		CAUWET, 1976	France : J. B. La Jaysinia (Samoëns — Htes Alpes)	
		16	CAUWET, 1976	France : Jardin Alpin du Muséum de Paris (JC 74.124) <sup>2</sup>	C 72.137
		16	CAUWET, 1976	France : col du Lautaret	C 74.01
		16	CAUWET, 1976	D.D.R. : Iéna (PK 67.422) <sup>4</sup>	C 69.108
		16	CAUWET, 1976		C 67.422
<i>B. longiradiatum</i> Turcz.	8		SAITO in BELL et CONSTANCE, 1957	Japon : mont Yatsugatake	
		12	GURZENKOV et GOROVY, 1971	URSS : Vladivostok	
	6		CAUWET, 1976	J. B. Institut de Neuchâtel (origine Moscou)	
					C 69.40
<i>*B. lophocarpum</i> Boiss. et Ball.		16	CAUWET, 1976	Turquie : Emmenek (J.Co) <sup>3</sup>	
					C 70.04

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	Nº HERBIER
<i>B. martjanovii</i> Kryl.		14	MALAKHOVA, 1971	URSS : Sajan occidental	
* <i>B. mesatlanticum</i> Lit. et Maire	16 + 1 ou 2B	32 + 2B	CAUWET, 1975	Maroc : tizi n'Tirrhist (H.A.)	C 72.40
	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : Michlifène (M.A.)	C 72.50
	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : M. F. de Tageneit (M.A.)	C 72.60
	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : Dayet Ifrah (M.A.)	C 72.62
* <i>B. montanum</i> Cosson		28,30	CAUWET, 1975	Maroc : vallée de l'Ourika (H.A.)	C 72.17
		30	CAUWET, 1975	Maroc : région d'Ifrane (M.A.)	C 72.66
	14	28	CAUWET, 1975	Maroc : M. F. de Tafechna (M.A.)	C 72.74
		32	CAUWET, 1976	Algérie : col de Tirourda (Kabylie)	C 75.154
		28,30	CAUWET, 1976	Algérie : col de Tirourda (Kabylie)	C 75.155
		28,30	CAUWET, 1976	Algérie : col de Terny (Oran)	C 75.187
		28	CAUWET, 1976	Algérie : environs d'Aumale	C 75.206
		28,30	CAUWET, 1976	Algérie : environs de Boghar (Alger)	C 75.200
		30	CAUWET, 1976	Algérie : environs de Boghar (Alger)	C 75.199
		30	CAUWET, 1976	Algérie : Djebel Tougem (Batna)	C 75.215
* <i>B. mucronatum</i> Wigh et Walk.-Arnott	16	CAUWET, 1971	Inde : Palmi (F. Blasco)	Plantule	
	16	CAUWET, 1976	Ceylan (W. Theobald)	Plantule	
	16	CAUWET, 1976	Inde : Palmi (JC 73.95) <sup>2</sup>	Plantule	
* <i>B. multinerve</i> DC.	14	CAUWET, 1969	J. B. Moscou (PK 69.82) <sup>4</sup>	C 69.09	
	7,8	ROSTOVTEVA, 1975	URSS : région de l'Altai		
	14	CAUWET, 1976	URSS : région de l'Altai (JC 74.107) <sup>2</sup>	Plantule	
	14	CAUWET, 1976	URSS : Kirovsk (PK 68.314) <sup>4</sup>	C 71.448	
* <i>B. mundtii</i> Cham. et Schlechtd.	16	CAUWET, 1971	Afrique du Sud : Natal (Culture RCP 286)	Plantule	
* <i>B. nodiflorum</i> Smith	16	CAUWET, 1976	Jordanie : Irbid près de Deir — Eisseinah (JC 76.07) <sup>2</sup>	Plantule	
* <i>B. oligactis</i> Boiss.	32	CAUWET, 1976	Algérie : djebel Aïn Drinn (Batna)	C 75.208	
*var. <i>oligactis</i>	32	CAUWET, 1976	Algérie : djebel Touguem (Batna)	C 75.209	
	16	CAUWET, 1976	Algérie : environs de Timgad	C 75.217	
	32	CAUWET, 1976	Algérie : environs de Kenchela	C 75.218	

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	N° HERBIER
16	32	CAUWET, 1976	Tunisie : djebel Zagouan	C 75.221	
	32	CAUWET, 1976	Tunisie : monts de Teboursouk	C 75.222	
	32	CAUWET, 1976	Tunisie : monts de Teboursouk	C 75.223	
	32	CAUWET, 1976	Tunisie : M. F. de El Kesra (Mak-tar)	C 75.225	
*var. <i>choulettei</i> (Pomel) J. Panelatti <i>comb. nov.</i>	32	CAUWET, 1976	Algérie : environs de Souk-Arhas	C 75.226	
* <i>B. olympicum</i> Boiss.	16	CAUWET, 1967	Grèce : mont Olympe (J.Co) <sup>3</sup>	C 63.02	
* <i>B. parnassicum</i> Halacsy	16	CAUWET, 1967	Grèce : mont Parnasse — Gourna (J.Co) <sup>3</sup>	C 63.09	
* <i>B. pauciradiatum</i> Fenzl	16	CAUWET, 1976	URSS : Erevan (JC 74.100) <sup>2</sup>	C 73.02	
* <i>B. petiolare</i> Lap.	16	CAUWET, 1967	France : Escoutou (Pyr. orient.)	C 65.02	
	16	CAUWET, 1967	France : Escoutou (Pyr. orient.)	C 66.10	
	16	CAUWET, 1967	France : Escoutou (Pyr. orient.)	C 66.11	
	16	CAUWET, 1967	France : Carruby (Pyr. orient.)	C 67.15	
	16	CAUWET, 1967	France : Carruby (Pyr. orient.)	C 68.13	
<i>B. petraeum</i> L.	7	FAVARGER, 1959	Italie : Grigna méridionale		
	7	RITTER, 1973	France : col Guignaise (Diois)		
	7	CAUWET, 1976	France : col d'Allos (Pyr. orient.)	C 68.05	
	7	14	France : Devoluy	C 74.08	
	7	14	France : Devoluy	C 74.09	
<i>B. plantagineum</i> Desf.	28	BELL in BELL et CONSTANCE, 1960	J. B. Muséum Paris		
	28	CAUWET, 1976	J. B. Muséum Paris	C 76.12	
	28	CAUWET, 1976	Algérie : Cap Carbon (Bougie)	C 75.170	
	28	CAUWET, 1976	Algérie : Cap Carbon (Bougie)	C 75.171	
	28	CAUWET, 1976	Algérie : Cap Carbon (Bougie)	C 75.172	
	28	CAUWET, 1976	J. B. Muséum (JC 73.35) <sup>2</sup>	Plantule	
* <i>B. polyphyllum</i> Ledeb.	8	CAUWET, 1976	URSS : Erevan (PK 69.586) <sup>4</sup>	C 69.586	
* <i>B. pulchellum</i> Boiss. et Heldr.	16	CAUWET, 1976	Turquie : Asoké (J.Co 70.182) <sup>3</sup>	C 70.182	
<i>B. ranunculoides</i> L.	14	FAVARGER et HUYNH, 1964	Italie : Pizzocollo et Cogne (val d'Aoste)		
	14	FAVARGER, 1965	France : col de Turini (Alpes maritimes)		

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	N° HERBIER
<i>B. ranunculoides</i> L. (suite)		14	FAVARGER, 1965	Italie : val Cristone (Alpes cot-tiennes)	
		14	FAVARGER, 1965	Italie : vallée de Cogne (Val d'Aoste)	
		14	FAVARGER, 1965	Suisse : Arzo (Tessin)	
		14	FAVARGER, 1965	Italie : Monte Pizzocollo (lac de Garde)	
		14	FAVARGER, 1965	Suisse : Schönbühl (sur Zermatt)	
		14	FAVARGER, 1965	J. B. Kosice, Balanska Tatry	
		14	FAVARGER et KÜPFER, 1968	France : Cambre d'Aze (Pyr. orient.)	
	7	14	CAUWET, 1967, 1970	France : Cambre d'Aze (Pyr. orient.)	C 67.30
	7	14	CAUWET, 1967, 1970	France : Cambre d'Aze (Pyr. orient.)	C 67.31
	7	14	CAUWET, 1967, 1970	France : Cambre d'Aze (Pyr. orient.)	C 65.03
		14	CAUWET, 1967, 1970	France : Cambre d'Aze (Pyr. orient.)	C 66.23
		14	CAUWET, 1967, 1970	France : Eyne (Pyr. orient.)	C 66.21
	7	14	CAUWET, 1971	France : chaîne frontière (Pyr. orient.)	C 69.40 à C 69.44
		14	CAUWET, 1971	France : mont Ventoux (Alpes)	C 70.14
		14	CAUWET, 1971	France : Ceillac (Alpes)	C 69.30
		14	CAUWET, 1971	Italie : Fenestrelle, val Cristone	C 69.18
	7	14	CAUWET, 1971	France : Belloc (Pyr. orient.)	C 68.21 à C 68.25
		14	CAUWET, 1971	France : Latour de Carol (Pyr. orient.)	C 69.33
		14	CAUWET, 1971	France : Tour du Mir (Pyr. orient.)	C 69.36 à C 69.38
		14	CAUWET, 1971	France : Tour du Mir (Pyr. orient.)	C 69.49 à C 69.52
		14	CAUWET, 1971	France : Brangoly (Pyr. orient.)	C 69.12 à C 69.16
		14	CAUWET, 1971	France : col de la Régine (Pyr. orient.)	C 69.29

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	Nº HERBIER
<i>B. ranunculoides</i> L. (suite)	14	CAUWET, 1971		France : Batère (Pyr. orient.)	C 69.20 à C 69.28
	14	CAUWET, 1971		France : Prats de Mollo (Pyr. orient.)	C 69.47 et C 69.48
	14	CAUWET, 1971		France : Puigmal (Pyr. orient.)	C 69.46
	14	KÜPFER ( <i>comm. pers.</i> )		Espagne : Pena Redonda (Palencia)	NEU 01321
	14	CAUWET, 1976		Suisse : Tessin	NEU 01335
				France : Angoustrine (Pyr. orient.)	C 70.16 à C 70.22
				France : Llo (Pyr. orient.)	C 69.34
				France : Queyras Abries (Alpes)	C 70.21
				France : Dorres (Pyr. orient.)	C 70.23 à C 70.28
	21	CAUWET, 1971		France : Belloc (Pyr. orient.)	C 69.31 et C 69.32
14	28	KÜPFER et FAVARGER, 1967		France : Htes Pyr. et Ariège	
14	28	FAVARGER et KÜPFER, 1968		France : Gavarnie (Htes Pyr. et Ariège)	
14	28	CAUWET, 1967		France : Laurenti (Pyr. ariég.)	C 65.04 et C 66.22
	28	CAUWET, 1967		France : Port de Pailhères (Pyr. ariég.)	C 68.28 et C 69.45
	28	CAUWET, 1967		France : Porteille d'Orlu (Pyr. orient.)	C 67.32
	28	CAUWET, 1967		France : Pic de la Pelade (Pyr. orient.)	C 67.33
	28	CAUWET, 1971		France : Fontaine de la Perdrix (Pyr. orient.)	C 69.17
	28	CAUWET, 1971		France : vallée d'Ossau (Pyr. c.)	C 69.52
	28	CAUWET, 1976		Espagne : Torla (Huesca) (PK) <sup>4</sup>	Plantule
	28	KÜPFER ( <i>comm. pers.</i> )		France : Pic du Midi (Pyr. c.)	NEU 01302
	28	KÜPFER ( <i>comm. pers.</i> )		France : Colombe de Gex (Jura)	NEU 01331
	28	KÜPFER ( <i>comm. pers.</i> )		Suisse : Dôle (canton de Vaud)	NEU 01294
	28	KÜPFER ( <i>comm. pers.</i> )		France : Pas de la Balme (Vercors)	NEU 01337
	42	REESE ( <i>in</i> Löve et Löve), 1961		Origine inconnue	
	42	FAVARGER, 1965		France : Chasseron (Jura)	
	42	FAVARGER, 1965		Suisse : Säntis (J. B. Saint Gall)	

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	Nº HERBIER
<i>B. ranunculoides</i> L. (suite)		42	KÜPFER, 1969	Espagne : Picos de Europa (monts Cantabriques)	NEU 01336
		42	KÜPFER (comm. pers.)	Suisse : Gantrisch	NEU 01297
		42	CAUWET, 1976	Suisse : Creux du Van (Jura)	C 66.20
var. <i>telonense</i> Gren.		14	KÜPFER (comm. pers.)	France : Montpellier le Vieux (Cévennes)	NEU 01318
		14	KÜPFER (comm. pers.)	France : Sainte-Baume (Maures)	NEU 01334
		14	KÜPFER (comm. pers.)	France : Ventoux (Basses Alpes)	NEU 01333
		28	CAUWET, 1969	France : Alaric (Corbières audoises)	C 68.26
		28	CAUWET, 1969	France : Alaric (Corbières audoises)	C 68.27
		14	CAUWET, 1976	France : Massif de la Seranne (Cévennes)	C 74.12
* <i>B. rigidum</i> L. subsp. <i>rigidum</i>					
*f. <i>rigidum</i>		16	CAUWET, 1967	France : Baixas (Pyr. orient.)	C 66.13
		16	CAUWET, 1967	France : Alès (Gard)	C 67.21
		16	CAUWET, 1976	Espagne : Peal de Becerros (Teruel)	C 71.15
		16	CAUWET, 1976	France : Alès (Gard)	C 68.08
		16	CAUWET, 1976	France : Alès (Gard)	C 68.09
		16	CAUWET, 1976	France : St Guilhem le Désert (Hérault)	C 74.10
*f. <i>robustum</i>		16	CAUWET, 1969	Espagne : montagne de Tost (Catalogne)	C 67.19
		16	CAUWET, 1969	France : Alaric (Corbières audoises)	C 68.10
		16	CAUWET, 1976	Espagne : Seo de Urgell	C 72.81
*f. <i>angustifolium</i> Lange		16	CAUWET, 1969	Espagne : Sierra de Segura	C 67.18
		16	CAUWET, 1971	Maroc : chênaie près d'Oulmès	C 68.72
		16	CAUWET, 1975	Maroc : Zaouia — Ahensal (H. A.)	C 72.44
		16	CAUWET, 1975	Maroc : forêt d'Ifrane (M. A.)	C 72.69
8 + 1B	16 + 1B		CAUWET, 1975	Maroc : M. F. Tafechna (M. A.)	C 72.73
		16	CAUWET, 1976	Algérie : Dhaya (Oran)	C 75.185
		16	CAUWET, 1976	Algérie : col de Terny (Oran)	C 75.189
subsp. <i>paniculatum</i> Brot.		14	GARDE et MALHEIROS-GARDE, 1949	Portugal : Departamento de Sistematica da estaceo Agronomica Nacional de Sacavem	
	8		GARDE et MALHEIROS-GARDE, 1954	Portugal : E.A.N. Sacavem	

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	N° HERBIER
		14	QUEIROOS, 1972	Portugal : Sousselas	
		16	CAUWET, 1976	Portugal : Rio de Galichas (JC 74.167) <sup>2</sup>	Plantules
		16	CAUWET, 1976	Portugal : J. B. Coimbra	C 73.04
		16	CAUWET, 1976	Portugal : Sousselas (leg. Queiros)	C 75.07
		16	CAUWET, 1976	Portugal : J. B. Coimbra	C 70.11
<i>B. rotundifolium</i> L.	11		MELDERIS, 1930	Origine inconnue	
	8		SCHULZ-GAEBEL, 1930	Origine inconnue	
		16	TAMANSCHJAN, 1933	Origine inconnue	
		16	DELAY, 1947	Origine inconnue	
	8		GARDE et MALHEIROS-GARDE, 1954	Origine inconnue	
		16	CAUWET, 1967	J. B. Dijon (Côte d'Or)	C 67.22
		16	CAUWET, 1969	J. B. Moscou et Paris <sup>2</sup>	Plantule
		16	CAUWET, 1971	Turquie : Ankara	C 70.38
		16	CAUWET, 1976	France : St Crépin (Htes Alpes)	C 69.04
		16	CAUWET, 1976	France : Millau (Aveyron)	C 74.04
	8		KORDJUM, 1967	Origine inconnue	
<i>B. saccharinense</i> Schmidt	12		SUSUKA, 1953	Origine inconnue	
	12		GURZENKOV et GOROVY, 1971	URSS : île Sacchaliné	
* <i>B. salicifolium</i> Soland.	32		CAUWET, 1970	J. B. Neuchâtel (Suisse)	C 69.60
	32		CAUWET, 1976	J. B. Brunoy, Muséum Paris	C 74.07
<i>B. scorzonerifolium</i> Willd. <sup>7</sup>	16		LIU, CHAO, CHUANG, 1961	Japon	
	12		GURZENKOV et GOROVY, 1971	URSS : Tcherniatino (Extrême Orient soviétique)	
		16	GURZENKOV et GOROVY, 1971	URSS : Oussouriisk (Extrême Orient soviétique)	
	6	12	ROSTOVTSEVA, 1975	URSS : Touvinskaïa	
		16	CAUWET, 1976	J. B. Riga (JC 74.117) <sup>2</sup>	Plantule
<i>B. semicompositum</i> L.	8		GARDE et MALHEIROS-GARDE, 1954	J. B. Copenhague	
		16	DAHLGREN, KARLSON, LASSEN, 1971	Iles Baléares	
		16	CAUWET, 1976	Maroc : Aït Baja (Anti-Atlas) (JC 75.75) <sup>2</sup>	Plantule

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	Nº HERBIER
* <i>B. sibthorpiatum</i> Smith			CAUWET, 1967	Grèce : mont Olympe — Kyllini (J.Co) <sup>3</sup>	C 63.07
* <i>B. spinosum</i> Gouan var. <i>spinosum</i>	16	32	CAUWET, 1969, 1970	Espagne : Sa Nevada :	
		32	CAUWET, 1969, 1970	km 21 : Rte Grenade Solynieve	C 66.14
		32	CAUWET, 1969, 1970	km 21 : Rte Grenade Solynieve	C 67.24
		32	CAUWET, 1969, 1970	km 21 : Rte Grenade Solynieve	C 71.15
	16	32	CAUWET, 1969, 1970	Dornajo	C 67.25
	16	32	CAUWET, 1971	San Geronimo	C 67.23
		32	CAUWET, 1971	Mulhacen (versant sud)	C 69.05
		32	CAUWET, 1971	Mulhacen (versant sud)	C 69.06
var. <i>mauritanicum</i> Cauwet		32	CAUWET, 1971	Maroc : Haut-Atlas :	
		32	CAUWET, 1971	Erdouz	C 69.82
	16	32	CAUWET, 1971	Oukameiden	C 69.78
		32	CAUWET, 1971	Oukameiden	C 69.81
	16	32	CAUWET, 1971	Azilal	C 69.76
		32	CAUWET, 1971	Cirque de Jaffar-Ayachi	C 69.79
	16	32	CAUWET, 1971	Maroc : Moyen-Atlas :	
		32	CAUWET, 1975	Aguelmane Sidi Ali	C 69.80
	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : Haut-Atlas :	
		32	CAUWET, 1975	tizi n'Tichka	C 72.15
	16	32	CAUWET, 1975	Agaïouar	C 72.22
		32	CAUWET, 1975	Agaïouar	C 72.23
	16	32	CAUWET, 1975	tizi n'Fedghat	C 72.30
		32	CAUWET, 1975	refuge de Tambla	C 72.33
	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : Moyen-Atlas :	
		32	CAUWET, 1975	Jebel Hayan	C 72.52
	16	32	CAUWET, 1975	Piste Boulemane-Skoura	C 72.58
		32	CAUWET, 1975	M. F. Tageneit	C 72.63
	16	32	CAUWET, 1976	Algérie : Chrea (Blida)	C 76.04
		32	CAUWET, 1976	tizi n'Kouilal (Kabylie)	C 75.151
	16	32	CAUWET, 1976	Djebel Senalba (Djelfa)	C 75.179
		32	CAUWET, 1976	Sidi Bouzhide (Aflou)	C 75.181
	16	32	CAUWET, 1976	col de Telnet (Batna)	C 75.210
		32	CAUWET, 1976	col de Teniat el Bou Irhial (Tim-gad)	C 75.216
	32	CAUWET, 1976	Chrea (Blida) (JC 75.80) <sup>2</sup>	Plantule	
	32	CAUWET, 1976	Aurès (JC 75.138) <sup>2</sup>	Plantule	

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	Nº HERBIER
<i>B. stellatum</i> L.	7	14	KÜPFER et FAVARGER, 1967	Alpes	
		14	CAUWET, 1967	Corse : Punto del Oriente	C 66.16
		14	CAUWET, 1969	France : Pelvoux (Alpes)	C 68.12
		14	CAUWET, 1976	J. B. la Jaysinia (Samoëns, Alpes)	C 72.139
		14	CAUWET, 1976	La Creuzaz (J. B. Genève)	Plantule
		14	CAUWET, 1976	Suisse : mont Catagne (Valais) (JC 75.83) <sup>2</sup>	Plantule
<i>B. subovatum</i> Link		16	WANSCHER, 1933	Origine inconnue	
		16	CAUWET, 1976	J. B. Jérusalem (PK 71.471) <sup>4</sup>	C 71.22
<i>*B. subspinosum</i> Maire et Weiller	16	32	CAUWET, 1975	Maroc : tizi n'Tazazerte (Anti At- las-Sargho)	C 72.09
<i>*B. subuniflorum</i> Boiss. et Heldr.		16	CAUWET, 1971	Turquie : près de Termessos (J. Co) <sup>3</sup>	C 68.29
<i>*B. sulfureum</i> Boiss. et Ball.		16	CAUWET, 1971	Turquie : entre Ankara et Asyon (J.Co) <sup>3</sup>	C 70.05
				près d'El Mali (J.Co) <sup>3</sup>	C 68.33
<i>B. tenue</i> Don.	8		MEHRA et DHAWAN, 1970	Inde : W. Himalaya, Bhimtal, Nai- nital	
		8	CAUWET, 1976	Inde : W. Himalaya (Dobremez, 901)	C 71.01
<i>B. tenuissimum</i> L.		16	WANSCHER, 1933	J. B. Kew, Copenhague et Édim- bourg	
		16	WULFF, 1937	Origine inconnue	
		16	TARNAVCHI, 1938	Origine inconnue	
		16	GARDE et MALHEIROS-GARDE, 1949	J. B. Coimbra	
		16	POLYA, 1948	Origine inconnue	
		16	RODRIGUEZ, 1953	Origine inconnue	
		16	CAUWET, 1967	J. B. Godollo et Dijon	Plantule
		16	CAUWET, 1970	France : Étang de St Nazaire (Pyr. or.)	C 67.27
		16	CAUWET, 1976	Hollande : digue près d'Yerseke (JW) <sup>5</sup>	C 69.07

TAXONS	n	2n	AUTEURS	ORIGINE	Nº HERBIER
		16	SCHOSTMAN, 1970	France : Sologne et Val de Loire	
		16	QUEIROS, 1972	Portugal : Gala, Figueira da Foz	
* <i>B. tianschanicum</i> Freyn	7	14	CAUWET, 1967	J. B. Moscou (J.B. NEU)	Plantule
			CAUWET, 1969	J. B. Moscou (J.B. NEU)	C 69.08
<i>B. triradiatum</i> Adams		16	ZHUKOVA, 1966	J. B. Moscou	
		12	GURZENKOV et GOROVY, 1971	URSS : montagne Bekeldeoul (Extrême Orient soviétique)	
	8		ROSTOVTSEVA, 1975	Aïan (Extrême Orient soviétique)	
<b>Hermas</b>					
<i>Hermas villosa</i> (Thumb.) Sond.	7		CONSTANCE et al., 1976	Afrique du Sud : Steenberg plateaux	
<b>Heteromorpha</b>					
<i>Heteromorpha trifoliata</i> Eckl. et Zeyh	11		CONSTANCE et al., 1971	Afrique du Sud : Steenberg plateaux	
<b>Nirarathamnus</b>					
<i>Nirarathamnus asarifolius</i> Balf.	11		CONSTANCE et al., 1971	Afrique du Sud : Steenberg plateaux	

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAKSAY, L., 1957. — The cytotaxonomy of the species *Chrysanthemum maximum* Ram., *Centaurea montana* L., *Serratula lycopifolia* (Vill.) Kern. and *Bupleurum falcatum* L. ranging in Europe. *Ann. hist. nat. Mus. nat. Hung.*, S.N., **8** : 155-168.
- BELL, C. R., et L. CONSTANCE, 1957. — Chromosome numbers in *Umbelliferae*. *Am. J. Bot.*, **44** (7) : 565-572.
- 1960. — Chromosome numbers, in *Umbelliferae* II. *Am. J. Bot.*, **47** (1) : 24-32.
- 1966. — Chromosome numbers in *Umbelliferae*. III *Am. J. Bot.*, **53** (5) : 512-520.
- CAUWET, A. M., 1967. — Contribution à l'étude caryosystématique du genre *Bupleurum* L. *Bull. Soc. bot. Fr.*, **114** (9) : 371-386.
- 1969. — Contribution à l'étude caryosystématique du genre *Bupleurum* L. II. *Bull. Soc. bot. Fr.*, **116** : 19-28.
- 1970. — Contribution à l'étude caryosystématique du genre *Bupleurum* L. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, mars 1970, Montpellier, 165 p.
- 1971. — Contribution à l'étude caryosystématique du genre *Bupleurum* L. III. *Bull. Soc. bot. Fr.*, **118** : 55-68.
- 1975. — Contribution à l'étude caryosystématique du genre *Bupleurum* L. IV. *Bull. Soc. bot. Fr.*, **122** : 371-384.
- 1976. — Biosystématique des espèces vivaces de *Bupleurum* L. (Umbelliferae) du Bassin méditerranéen occidental. Thèse de Doctorat, Perpignan : 848 p., 42 fig., 12 tabl., 40 pl., 24 cartes, 610 réf.
- 1979. — Contribution de la caryologie à la connaissance de la systématique et de la phylogénie du genre *Bupleurum* L. *Candollea*, **34** : 49-86.
- CAUWET, A. M., et J. CARBONNIER, 1976a. — Recherches sur l'origine du *Bupleurum atlanticum* subsp. *mairei* endémique du Haut-Atlas marocain. *Candollea*, **31** : 17-35.
- 1976b. — Étude biosystématique du complexe *Bupleurum atlanticum* Murb. emend. Cauwet et Carbonnier en Afrique du Nord ; mise en évidence de nouvelles sous-espèces. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.*, Alger, **66** (3-4) : 5-38.
- CHESNOY, L., 1962. — Étude caryologique du *B. lancifolium* et données sur deux espèces voisines. D.E.S., Paris.
- CONSTANCE, L., T. L. CHUANG et R. BELL, 1971. — Chromosome numbers in *Umbelliferae* IV. *Am. J. Bot.*, **58** (6) : 577-587.
- CONSTANCE, L., T. L. CHUANG et R. BELL, 1976. — *Ibid. Am. J. Bot.*, **63** (5) : 608-625.
- DAHLGREN, R., T. KARLSON et P. LARSEN, 1971. — Studies on the Flora of the Balearic Islands. I. Chromosome numbers in Balearic Angiospermes. *Bot. Notiser*, **124** : 249-269.
- DELAY, C., 1947. — Recherches sur la structure des noyaux quiescents chez les Phanérogames. *Revue Cytol. Biol. vég.*, **10** : 103-228.
- DJERDJOUR, B., et G. G. GUITTONNEAU, 1976. — I.O.P.B. Chromosome number report, L II. *Taxon*, **25** (2-3) : 341-346.
- FABBRI, E., 1969. — Il numero cromosomico di « *Bupleurum dianthifolium* Guss. » endemismo de Marettimo (Isole Egadi). *Inform. bot. ital.*, **1** (3) : 164-167.
- FAVARGER, C., 1959. — Notes de caryologie alpine III. *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.*, **82** : 255-285.
- 1965. — Notes de caryologie alpine IV. *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.*, **88** : 5-60.

- FAVARGER, C., et K. HUYNH, 1964. — I.O.P.B. Chromosome numbers Reports II. *Taxon*, **13** : 201-209.
- FAVARGER, C., et P. KÜPFER, 1968. — Contribution à la cytotoxonomie de la flore alpine des Pyrénées. *Coll. Bot.*, **7** : 325-355.
- GARDE, A., et MALHEIROS-GARDE, 1949. — Contribuição para o estudo cariologico da familia Umbelliferae I. *Agronomia lusit.*, **11** : 91-140.
- 1954. — Contribuição para o estudo cariologico da familia Umbelliferae III. *Broteria*, **23** : 5-35.
- GURZENKOV, N. M., et P. G. GOROVY, 1971. — Nombres chromosomiques des Ombellifères d'Extrême-Orient (en russe). *Bot. J.*, USSR, **12** : 1805-1815.
- HAKANSSON, A., 1953. — Some chromosome number in Umbelliferae. *Bot. Notiser*, **3** : 301-307.
- JOHSON, A. W., et J. G. PACKER, 1968. — Chromosome numbers in the Flora of Ogotoruk Creek, N.W. Alaska. *Bot. Notiser*, **121** : 403-456.
- KARTASHOVA, N. N., 1974. — Étude des chromosomes de quelques représentants de la flore de la vallée de l'Ob. *Nauch. Dokl. Vyss. Shk. biol.*, **17** (4) : 114-119.
- KORDJUM, E. L., 1967. — Contribution à l'étude des nombres chromosomiques chez les Ombellifères. *Dopov. Akad. Nauk. Ukr. RSR*, sér. B, **29** (1) : 89-93.
- KÜPFER, P., 1969. — Recherches cytotoxonomiques sur la Flore des montagnes de la Péninsule ibérique. *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.*, **92** : 31-48.
- KÜPFER, P., et C. FAVARGER, 1967. — Premières prospections caryologiques sur la flore orophile des Pyrénées et de la Sierra Nevada. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **264** : 2463-2465.
- LÖVE, A., et D. LÖVE, 1961. — Chromosome numbers of central and northwest european plant species. *Bot. Not. suppl. Opera Botanica*, n° 5 : 1-581, Lund.
- LIU, T. S., C. Y. CHAO et T. I. CHUANG, 1961. — Umbelliferae of Taiwan. *Q. J. Taiwan Mus.*, **14** : 15-47.
- MALAKHOVA, L. A., 1971. — Nombre de chromosomes des plantes de haute montagne du Sajan occidental. *Nauch. Dokl. Skr. biol. Nauki*, SSSR, **14** : (1) 97-104.
- MALHEIROS-GARDE, N., et A. GARDE, 1951. — Contribuição para o estudo cariologico da familia Umbelliferae II. *Genet. iber.*, **3** : 23-35.
- MARANO, I., 1954. — Lo svilutto del fiore in *B. dianthifolium* Guss. con particolare riguardo ad nuovo corpo citoplasmatico fibrillare nella sporogenesi. *Nuovo G. bot. ital.*, **61** (2-3) : 201-213.
- MEHRA, P. N., et H. DHAWAN, 1971. — I.O.P.B. Chromosome numbers reports XXXIV. *Taxon*, **20** (5-6) : 785-797.
- MELDERIS, A., 1930. — Chromosome numbers in Umbelliferae. *Acta Horti bot. Univ. latv.*, **5** : 1-8.
- PACKER, J. G., et G. D. PHERSON, 1974. — Chromosome numbers in some vascular plants from northern Alaska. *Can. J. Bot.*, **52** (5) : 1095-1099.
- POLYA, L., 1948. — Chromosome numbers of certain Alkali plants. *Arch. Biol. Hung.*, **2** (18) : 145-148.
- QUEIROS, M., 1972. — Contribuição eo conhecimento citotaxonomico das *Spermatophyta* de Portugal VII. *Umbelliferae*. *Anu. Soc. broteriana*, **38** : 293-314.
- RITTER, J., 1973. — Sur la caryologie et la phytosociologie de quelques espèces d'un secteur des Préalpes françaises. *C. r. Séanc. Soc. Biol.*, **167** (2) : 240-243.
- RODRIGUEZ, J. E. DE, 1953. — Contribuição para o conhecimento cariologico das halofitas e psamofitas literais. *Diss. Univ. Coimbra*, 210 p.
- ROSTOVSEVA, T. S., 1975. — Le nombre et la structure des chromosomes pachytènes chez certaines espèces du genre *Bupleurum* L. *Cytologia i Genetika*, **9** (4) : 310-312.

- SCHOSTMAN, H. D., 1970. — Contribution à la caryologie des Angiospermes de la Sologne et du Val de Loire II. *Bull. Cent. Étud. Rech. scient., Biarritz*, **8** (2) : 199-257.
- SCHULZ-GAEBEL, H. H., 1930. — Entwicklungs geschichtlichzytologische studien on der Umbelliferen. Unter familie del Apioideen. *Beitr. Biol. Pfl.*, **18** : 345-398.
- SNOGERUP, S., 1962. — Studies in the Aegean Flora IV *Bupleurum flavidum* Forsk. and related species. *Bot. Not.*, **115** (4) : 357-375.
- SUSUKA, O., 1953. — Chromosome numbers in pharmaceutical plants II. *Seiken Zihō*, **6** : 79.
- TAMANSCHJAN, 1933. — Materials for the karyosystematics of the cultivated and wild growing species of the family *Umbelliferae*. *Bull. Applied Bot. Plant Breeding*, **2** (2) : 137-164.
- TARNAVCHI, I., 1938. — Karyologische Untersuchungen and Halophyten aus Rumanien un Lichte zytoökologischen und zyto-geographischen Forschung. *Bull. Fac. Stiint. Cernanti*, **12** : 68-106.
- VAN LOON, J. C., T. W. GADELLA, et E. KLIPHUIS, 1971. — Cytological studies in some flowering plants from southern France. *Acta bot. neerl.*, **20** (1) : 157-166.
- WANSCHER, J. H., 1931. — Studies on the chromosome numbers of the Umbelliferae. *Hereditas*, **15** : 179-184.
- 1932. — Studies on the chromosome numbers of the Umbelliferae II. *Bot. Tidsskr.*, **42** : 49-58.
- 1933. — Studies on the chromosome numbers of the Umbelliferae III. *Bot. Tidsskr.*, **42** : 384-399.
- 1934. — The basic chromosome number of the higher plants. *The New Phytologist*, **33** : 101-126.
- WULFF, H. D., 1937. — Chromosomenstudien an der schleswigholsteinischen Angiosperm. Flora I. *Deutscher Botanische Gesellschaft*, **55** : 262-269.
- ZHUKOVA, P. G., 1966. — Chromosome numbers in some species of plants of the north eastern part of the URSS. *Bot. Zh. SSSR*, **51** : 1511-1516.

*Manuscrit déposé le 5 mars 1979.*

#### ADDENDUM

L'article de T.S. ROSTOVSEVA (Nombres chromosomiques de quelques espèces de la famille des Apiacées de Sibérie méridionale, *Bot. Zhurn.* 1976, **61** : 93-99) ayant été récemment porté à notre connaissance, nous demandons au lecteur de bien vouloir ajouter au tableau les indications suivantes : *B. aureum* Fisch. ( $n = 8$ ) — *B. bicaule* Helm. ( $n = 6, 11, 14, 18$ ) — *B. multinerve* DC. ( $n = 7, 8$ ) — *B. pusillum* Krylov ( $2n = 12$ ) — *B. scorzonerifolium* Willd. ( $n = 6, 2n = 12$ ) — *B. triradiatum* Adam ( $n = 8$ ).

Par ailleurs, en ce qui concerne *B. montanum* Cosson les données se rapportant à CAUWET, 1971, ont été omises. Il convient d'ajouter :  $2n = 32$  — Maroc : vallée de l'Oukameiden (H.A.), vallée d'Asni (H.A.), Bine el Ouidane (M.A.), col du Zad (M.A.).



## **Constituants du genre *Bupleurum* L. (Umbelliferae) : mise au point des connaissances actuelles**

par Jacques CARBONNIER et Anne-Marie CAUWET-MARC \*

**MOTS-CLÉS :** *Umbelliferae, Bupleurum, Hermas, Heteromorpha, Nirarathamnus, Rhyticarpus.*  
Phytochimie. Chimiotaxonomie. Constituants ; acides éthyléniques, alcools, cétones, coumarines, cyclohexadiènes, flavonols, glycosides, holosides, itols, lignanes, monoterpènes, polyines, polyphénols, saikogénines, saikosaponines, saponines, stérols, terpènes, triterpènes.

**Résumé.** — L'ensemble des constituants de *Bupleurum* et de quelques genres affines, signalés dans la littérature, ainsi que les résultats établis par les auteurs, sont réunis dans cette revue. Soixante-dix-neuf constituants intéressant soixante-quatorze taxons (68 *Bupleurum* et 6 espèces rattachées à des genres très proches) sont cités. Une tentative d'interprétation chimiotaxonomique est donnée en conclusion. 170 références.

**Abstract.** — The constituents of *Bupleurum* and some related genera found in literature are reviewed, including 79 constituents from 74 taxa (68 *Bupleurum* and 6 closely related species). As a conclusion, a tentative chemotaxonomical interpretation is given. 170 references.

---

### INTRODUCTION

Le genre *Bupleurum* L. (Umbelliferae, tribu des Ammineae) compte environ 200 espèces réparties dans tout l'hémisphère nord, à l'exception de *B. mundtii* Cham. & Schlechdt. localisé en Afrique du Sud (provinces du Cap, Natal, Transvaal).

Deux sous-genres ont été distingués (CAUWET-MARC, 1976) :

— le sous-genre *Bupleurum* à distribution eurasiatique (auquel il convient d'ajouter l'unique espèce américaine, *B. americanum* Coul. & Rose, localisé en Alaska et dans les Montagnes Rocheuses) ;

— le sous-genre *Tenoria* (Sprengl.) Cauwet qui comprend 32 taxons vivaces et fructescents dont l'aire de répartition se limite au bassin méditerranéen occidental.

Le premier travail de phytochimie ayant pour objet le genre *Bupleurum* L. remonte à 1911 mais la quasi-totalité des recherches effectuées dans ce domaine ne date que des quinze dernières années. On pourra s'étonner qu'un genre considéré comme l'un des plus

\* J. CARBONNIER, *Laboratoire de Chimie appliquée aux Corps organisés, Muséum national d'Histoire naturelle, 63, rue Buffon, 75005 Paris (France).*

A.-M. CAUWET-MARC : *Laboratoire de Biologie végétale, Centre Universitaire, 66025 Perpignan Cedex (France).*

primitifs des Ombellifères (CERCEAU-LARRIVAL, 1962), donc important du point de vue phylétique n'ait pas été étudié plus tôt. Il convient pourtant de remarquer que l'avancement de la connaissance chimique du genre repose sur des motivations fort différentes.

### 1. Recherche de molécules actives

Les *Bupleurum* entrent dans la composition de nombreuses pharmacopées traditionnelles (CAUWET-MARC & CARBONNIER, 1978). En particulier, les racines de *B. falcatum* L. ont été utilisées dans certaines drogues chinoises et il est connu que ces racines contiennent des saponines. Le fait que ce type de glycoside triterpénique présente fréquemment des activités physiologiques a incité plusieurs équipes japonaises à isoler les saikosides de *B. falcatum* L. et à en établir la structure.

### 2. Recherche de structures nouvelles

Si la première en date remonte à 1913 (isolement du bupleurol par FRANCESCONI & SERNAGIOTTO), il faudra attendre plus d'un demi-siècle pour que le genre *Bupleurum* soit reconstruit comme une source de produits naturels nouveaux et ceci dans le domaine des acétyléniques et des cyclohexadiènes (BOHLMANN & al., 1971, 1975).

### 3. Chimiotaxonomie

Très peu de travaux strictement taxonomiques ont intéressé le genre *Bupleurum* L., puisque seulement trois équipes (PLOUVIER, 1967 ; SOBOLOVSKAYA & al., 1967 ; CROWDEN & al., 1969) ont effectué des recherches à cette fin ; ce sont, en effet, les seules à avoir accordé quelque importance à l'absence des constituants recherchés.

Afin de faire le point des connaissances phytochimiques actuelles concernant ce genre, nous avons réuni, d'une part l'ensemble des données bibliographiques auxquelles nous avons pu avoir accès et, d'autre part, les données expérimentales établies au cours d'une étude de biosystématique consacrée par l'un d'entre nous au genre *Bupleurum* L. et à quelques genres affines (*Heteromorpha*, *Hermas*, *Nirarathamnus* et *Rhyticarpus*). Seules ont été retenues les références mentionnant des produits dont les structures sont parfaitement établies<sup>1</sup>, ce qui nous a amenés à rejeter certaines allusions concernant la présence d'alcaloïdes dans le genre.

A cette exception près, la plupart des grands groupes chimiques actuellement connus chez les Angiospermes sont représentés. Ils sont abordés dans l'ordre de leurs affinités

1. Des produits non déterminés et pour lesquels on ne connaît que l'appartenance à la série sont cités dans : SOBOLOVSKAYA & MINAEVA, 1961 ; GLADKIKH & al., 1965 ; SOBOLOVSKAYA & al., 1967 ; TROCHENKO & LIMASOVA, 1967 ; MINAEVA & al., 1965 et 1968 ; GOROVY & ULANOVA, 1968 ; VALKONSKAYA, 1968 ; FLORJA, 1969 ; CROWDEN & al., 1969 ; MINAEVA & VALKONSKAYA, 1970 ; FLORJA & KUZNETSOVA, 1970 ; BOHLMANN, 1971 ; BANDYUKOVA, 1972 ; CAUWET-MARC, 1976 ; KISSELIEVA & MINAEVA, 1976.

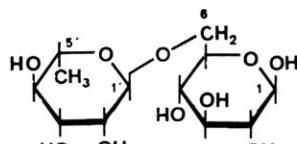
chimiques, selon le plan suivant : Sucres et itols, Alcools et cétones, Acides éthyléniques, Polyines, Cyclohexadiènes, Monoterpènes, Triterpènes, Stérols, Acides cinnamiques et dérivés, Coumarines, Lignanes, Flavonoïdes.

La distribution de chaque composé est donnée sous forme de catalogue alphabétique placé à la fin du texte et un récapitulatif de la composition de chaque espèce a été ajouté.

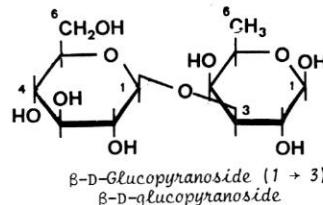
### I. SUCRES ET ITOLS

Deux hexoses [le glucose (1) et le rhamnose (2)] et un diholoside [le saccharose (3)] ont été isolés à l'état libre du genre *Bupleurum* L. (cf. tabl. I). Deux autres holosides : le rutinose et le  $\beta$ -D-glucopyranosyl-(1 → 3)  $\beta$ -D-fucopyranoside sont présents sous forme d'hétérosides. Le premier est lié à divers flavonols et se rencontre dans toutes les espèces, le second constitue la partie osidique de la plupart des saikosaponines de la racine de *B. falcatum* L. Toutefois, un triholoside, l' $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1 → 4)  $\beta$ -D-glucopyranosyl-(6 → 1)  $\beta$ -D-glucopyranoside, est lui aussi engagé dans des glycosides triterpéniques : les saikosaponines c et f. L'enchaînement de ce sucre sur l'aglycone présente une particularité puisque c'est la molécule centrale du glucose qui comporte en 1 la liaison osidique avec l'aglycone.

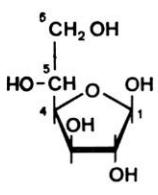
Le glucose est parfois aussi engagé avec des aglycones flavonoïdiques [isoquercitrine (77)] ou stérolique [glucoside de l' $\alpha$ -spinastérol (61)] ; mais alors qu'il s'agit de  $\beta$ -D-glucofuranose dans l'isoquercitrine, c'est le  $\beta$ -D-glucopyranose qui est lié au stérol.



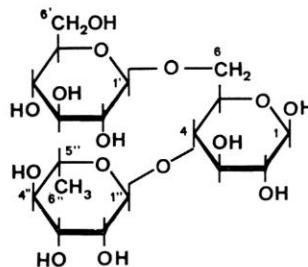
Rutinose



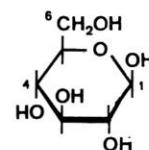
$\beta$ -D-Glucopyranoside (1 → 3)  
 $\beta$ -D-glucopyranoside



$\beta$ -D-Glucofuranose



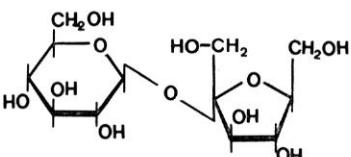
$\alpha$ -L-Rhamnopyranosyl (1 → 4)  $\beta$ -D-Glucopyranosyl-(6 → 1)  $\beta$ -D-Glucopyranoside



$\beta$ -D-Glucopyranose

Dans tous les cas décrits de glycosides de *Bupleurum* la liaison avec l'aglycone s'effectue sur l'hydroxyle porté par le carbone 1 du sucre.

TABLEAU I. — Sucres libres et itols signalés chez *Bupleurum*.

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp.
1 - Glucose	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \quad \text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH}  \end{array}  $	<p>Isolé pour la première fois au XVIII<sup>e</sup> siècle par MARGGRAF. Structure et configuration établies par FISCHER (1891). Signalé pour la 1<sup>re</sup> fois dans le genre par MINAEVA &amp; VALKONSKAYA (1964) (<i>B. multinerve</i>).</p>	1
2 - Rhamnose	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{H}-\text{C} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \quad \text{O} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H}  \end{array}  $	<p>Obtenu pour la première fois par hydrolyse d'un glycoside de la quercétine (HLASIWEZ &amp; PFAUNDLER, 1863). Structure établie par FISCHER &amp; TAFEL (1888). Isolé, à l'état libre, du genre pour la 1<sup>re</sup> fois par MINAEVA &amp; VALKONSKAYA (1964) (<i>B. multinerve</i>).</p>	1
3 - Saccharose		<p>MARGGRAF isole en 1747 le saccharose de la betterave. Structure établie par AVERY &amp; al. (1927). Isolé du genre pour la 1<sup>re</sup> fois par TOMINATSU (1969) (<i>B. Longiradiatum</i>).</p>	1
4 - Ribitol	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	<p>Isolé pour la 1<sup>re</sup> fois d'<i>Adonis vernalis</i> L. par MERCK (1893) sous le nom d'adonit. WESSELY &amp; VANG (1939) l'isolent pour la 1<sup>re</sup> fois du genre (<i>B. falcatum</i>).</p>	4

Un seul itol est signalé dans le genre : le ribitol (4) ou adonitol. Il est à noter que ce dérivé en C<sub>5</sub> remplace chez *Bupleurum* L. le mannitol, hexitol trouvé habituellement chez les Ombellifères (HEGNAUER, 1971 ; PLOUVIER, 1978).

## II. ALCOOLS ET CÉTONES

Deux dérivés rattachés à ces séries ont été isolés de *Bupleurum* : l'hexacosanol (5) et la nonacosanone-10 (6) (cf. tabl. II).

Ces deux constituants sont des dérivés aliphatiques à longue chaîne ; leur distribution dans le genre apparaît actuellement assez restreinte. Jusqu'à ces dernières années, la nonacosanone-10 avait une répartition limitée aux Gymnospermes et aux Préphanéro-games ce qui lui conférait un rôle d'indicateur d'archaïsme ; il semble que cette interprétation doive être très nuancée, ce dérivé étant de plus en plus fréquemment signalé chez les Ombellifères (cf. CARBONNIER & al., 1978).

## III. ACIDES ÉTHYLÉNIQUES

Trois acides éthyléniques ont été isolés d'une seule espèce de *Bupleurum* (*B. falcatum* L.) par KURONO & SAKAÏ (1953). Il s'agit de l'acide linoléique (7), largement répandu dans le règne végétal, et de deux isomères géométriques en C<sub>18</sub> : l'acide pétrosélinidique (isomère *trans*) (8) et l'acide pétrosélinique (isomère *cis*) (9) (cf. tabl. III).

Ces deux derniers dérivés, assez largement distribués chez les Ombellifères, apparaissent comme directement liés à cette famille dans laquelle ils sont signalés dans plusieurs genres (*Phelopterus*, *Pleurospermum*, *Heracleum*, *Angelica*...). L'étude de leur distribution ne semble pas achevée et, en particulier, leur recherche dans d'autres espèces de *Bupleurum* n'a pas été effectuée, ce qui n'autorise actuellement aucune conclusion valable au niveau générique.

## IV. ACÉTYLÉNIQUES

Sur les quatre-vingts polyines rencontrés chez les Ombellifères, treize en C<sub>15</sub>, C<sub>16</sub> ou C<sub>17</sub> ont été signalés chez *Bupleurum* (cf. tabl. IV). Cependant leur distribution dans ce genre est encore assez mal connue puisque six espèces seulement ont été examinées de ce point de vue (BOHLMANN & al., 1961, 1971, 1975).

Au vu de ces résultats, il semble que la série ait une importance taxonomique non négligeable, puisque les polyines en C<sub>16</sub> sont présents dans les espèces méditerranéennes alors que celles-ci sont dépourvues des dérivés en C<sub>15</sub> et C<sub>17</sub>, qui n'ont été rencontrés jusqu'ici que chez des espèces d'origine asiatique.

## V. CYCLOHEXADIÈNES

Bien que la série soit représentée ça et là chez quelques genres d'Ombellifères sa prospection est encore insuffisante pour permettre son utilisation dans une étude chimiotaxonomique.

TABLEAU II. — Alcools et cétones signalés chez *Bupleurum*.

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp.
5 - Hexacosanol-1	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{24} - \text{CH}_2 \text{OH}$	Isolé pour la première fois de la feuille d'épinard par COLLISON & SMEDLEY-Mac LEAN (1931). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par TROSCHENKO & LIMASOVA (1967) ( <i>B.aureum</i> et <i>B.multinerve</i> ).	2
6 - Nonacosanone-10	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{CO} - (\text{CH}_2)_{18} - \text{CH}_3$	Isolée pour la première fois des fruits de <i>Ginkgo biloba</i> L. sous le nom de ginnone par KAWAMURA (1928). En 1932, PIPER & al. effectuent la synthèse de la nonacosanone-10, puis FURUKAWA (1932) identifie la ginnone à la nonacosanone-10. Elle est isolée du genre pour la 1ère fois par TROSCHENKO & LIMASOVA (1967) ( <i>B.aureum</i> et <i>B.multinerve</i> ).	3

TABLEAU III. — Acides éthyléniques signalés chez *Bupleurum*.

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp
7 - Acide linoléique	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH} = \text{CH} \\ \qquad \qquad \qquad   \\ \qquad \qquad \qquad \text{CH}_2 \\ \text{HOOC} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} \end{array}$	<p>Isolé pour la première fois en 1844 par SACC de l'huile de lin. Structure établie par GOLDSOBEL (1910) et configuration par SMITH &amp; WEST (1927). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par KURONO &amp; SAKAI (1953) (<i>B. falcatum</i>).</p>	1
8 - Acide pétrosélinidique	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{CH} \\ \qquad \qquad \qquad    \\ \qquad \qquad \qquad \text{HC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH} \end{array}$	<p>Isolé pour la première fois d'<i>Anthriscus silvestris</i> L. par TAKEDA &amp; al. (1953). Isolé pour la 1ère fois du genre chez <i>B. falcatum</i> par KURONO &amp; SAKAI (1953).</p>	1
9 - Acide pétrosélinique	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{CH} \\ \qquad \qquad \qquad    \\ \text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH} \end{array}$	<p>Isolé pour la première fois à partir du persil par VONGERICHTEN &amp; KÖLHER (1909). Configuration et synthèse effectuées par LUMB &amp; SMITH (1952). Premier isolement dans le genre : KURONO &amp; SAKAI (1953) de <i>B. falcatum</i>.</p>	1

TABLEAU IV. — Polyines signalés chez *Bupleurum*.

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp.
		DERIVES EN C <sub>15</sub>	
		$R-CH=CH-(C\equiv C)_2-CH_2-CH=CH-(CH_2)_4-CH_3$	
10 - Pentadécadiène-2 <u>c</u> , 9 <u>c</u> diyne-4,6 al-1	R = CHO	Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum ranunculoides</i> L. par BOHLMANN & al. (1971).	4
11 - Pentadécadiène-2 <u>c</u> , 9 <u>c</u> diyne-4,6 ol-1	R = CH <sub>2</sub> OH	Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum ranunculoides</i> L. par BOHLMANN & al. (1971).	3
12 - Acétate de penta- décadiène-2 <u>c</u> ,9 <u>c</u> diyne-4,6 yl-1	R = CH <sub>2</sub> -COOCH <sub>3</sub>	Isolé pour la première fois des feuilles de <i>Bupleurum falcatum</i> L. par CHOI BYUNGKI (1975).	1
		$R-CH=CH-(C\equiv C)_2-(CH=CH)_2-(CH_2)_3-CH_3$	
13 - Pentadécatriène- 2 <u>t</u> ,8 <u>t</u> ,10 <u>t</u> diyne-4,6 al-1	R = CHO	Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum ranunculoides</i> L. par BOHLMANN & al. (1971).	2
14 - Pentadécatriène- 2 <u>t</u> ,8 <u>t</u> ,10 <u>t</u> diyne-4,6 ol-1	R = CH <sub>2</sub> OH	Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum ranunculoides</i> L. par BOHLMANN & al. (1971).	3
15 - Acétate de penta- décatriène-2 <u>t</u> ,8 <u>t</u> ,10 <u>t</u> diyne-4,6 yl-1	R = CH <sub>2</sub> -COOCH <sub>3</sub>	Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum ranunculoides</i> L. par BOHLMANN & al. (1971).	3

TABLEAU IV (suite).

		<b>DERIVES EN C<sub>16</sub></b>	
		$R-(CH_2)_4-(CH=CH)_2-C\equiv C-(CH=CH)_2-CH_3$	
16 - Hexadécatétraène-6 <sub>t</sub> , 8 <sub>t</sub> ,12 <sub>t</sub> ,14 <sub>t</sub> yne-10 al-1	R = CHO	Isolé pour la première fois par BOHLMANN & ZDERO (1971) de <i>Zoegea baldshuanica</i> C.Winkl. Ce dérivé est courant chez les Composées, mais n'a été signalé dans les Ombellifères que chez <i>Bupleurum</i> . 1er isolement dans le genre : BOHLMANN & al. (1975) ( <i>B.gibraltaricum</i> ). 1	
17 - Hexadécatétraène-6 <sub>t</sub> , 8 <sub>t</sub> ,12 <sub>t</sub> ,14 <sub>t</sub> yne-10 ol-1	R = CH <sub>2</sub> OH	Isolé pour la première fois par BOHLMANN & ZDERO (1971) de <i>Zoegea baldshuanica</i> C.Winkl. Ce dérivé courant chez les Composées, n'est signalé chez les Ombellifères que chez <i>Bupleurum</i> . 1er isolement du genre : BOHLMANN & al. (1975) ( <i>B.gibraltaricum</i> ). 1	
		$R-(CH_2)_6-CH=CH-(C\equiv C)_2-CO-CH=CH_2$	
18 - Falcarinone	R = CH <sub>3</sub>	Ce produit, fréquemment rencontré chez les Ombellifères, a été isolé pour la première fois du genre <i>Bupleurum</i> par BOHLMANN & al. (1961) ( <i>B.rotundifolium</i> ). 2	
		<b>DERIVES EN C<sub>17</sub></b>	
		$R-CH=CH-(C\equiv C)_2-CH_2-CH=CH-(CH_2)_6-CH_3$	
19 - Heptadéciène-2 <sub>c</sub> , 9 <sub>c</sub> diyne-4,6 ol-1	R = CH <sub>2</sub> OH	Isolé pour la première fois par BOHLMANN & RODE (1968) d' <i>Oenanthe crocata</i> L. Signalé pour la 1ère fois dans le genre <i>Bupleurum</i> par BOHLMANN & al. (1971) ( <i>B.ranunculoides</i> ). 3	
		$R-(CH_2)_2-(C\equiv C)_2-(CH=CH)_2-(CH_2)_5-CH_3$	
20 - Heptadéciène-8 <sub>t</sub> , 10 <sub>t</sub> diyne-4,6 ol-1	R = CH <sub>2</sub> OH	Isolé pour la première fois d' <i>Oenanthe crocata</i> L. par BOHLMANN & RODE (1968). Trouvé chez <i>Bupleurum</i> pour la 1ère fois par BOHLMANN (1971) ( <i>B.rotundifolium</i> ). 2	

TABLEAU IV (fin).

		$R-CH=CH-(C\equiv C)_2-(CH=CH)_2-(CH_2)_5-CH_3$	
21 - Heptadécatriène- <u>2t,8t,10t</u> diyne-4,6 ol-1	$R = CH_2OH$	Isolé pour la première fois de <i>B.ranunculoides</i> L. par BOHLMANN & al. (1971).	5
22 - Acétate d'hepta- décatriène- <u>2t,8t,10t</u> - diyne-4,6 yl-1	$R = CH_2COOCH_3$	La structure de ce produit a été établie par BOHLMANN & al. en 1971 à partir d'un extrait de <i>B. ranunculoides</i> L. Toutefois, d'après les constantes physiques établies par BOHLMANN (1971), cette substance correspondrait à l'oenanthetol, isolé par ANET & al. dès 1953.	3

TABLEAU V. — Cyclohexadiènes signalés chez *Bupleurum*.

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp.
23 - Angélate de formyl-3 triméthyl-4,4,6 cyclohexadiène-2,5 yl-1		Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum gibraltaricum</i> Lam. par BOHLMANN & al. (1975).	1
24 - Angélate de formyl-3 triméthyl-2,4,4 cyclohexadiène-2,5 yl-1		Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum gibraltaricum</i> Lam. par BOHLMANN & al. (1975).	1

Les deux cyclohexadiènes (*cf. tabl. V*) trouvés chez *Bupleurum gibraltaricum* Lam. ne sont pas caractéristiques du genre. En effet, l'angélate de formyl-3 triméthyl-4, 4, 6 cyclohexadiène-2, 5 yl-1 (23) est aussi signalé chez *Ferula* et *Peucedanum*, alors que l'angélate de formyl-3 triméthyl-2, 4, 4 cyclohexadiène-2, 5 yl-1 (24) a été isolé de *Peucedanum luxurians* Tamamsch. (*cf. CARBONNIER & al.*, 1978).

## VI. MONOTERPÈNES

Treize monoterpènes sont signalés chez *Bupleurum* (*cf. tabl. VI*). Seul le bupleurol (25) est caractéristique du genre. Les autres dérivés se rencontrent dans plusieurs Ombellifères : *Carum*, *Cuminum*, *Pimpinella*, *Ferula*, *Pastinaca*, *Heracleum*, *Archangelica*...

Si l'on excepte les premiers travaux de FRANCESCONI & SERNAGIOTTO (1913) les résultats relatifs à ces composés ne reposent que sur deux publications : l'une de PEYRON & ROUBEAUD (1970) sur *B. fruticosum* L. et l'autre de BOHLMANN & al. (1975) sur *B. gibraltaricum* Lam.

Les résultats dont on dispose actuellement sont donc beaucoup trop fragmentaires pour qu'ils puissent servir de support à une quelconque interprétation.

## VII. TRITERPÈNES

Les triterpènes sont représentés chez *Bupleurum* L. par des saponines nommées saikosaponines (de « saiko », nom trivial japonais désignant la racine d'une Ombellifère de Mandchourie). Tous les dérivés de cette série, signalés chez *Bupleurum*, ont été isolés de la racine de *B. falcatum* L.<sup>1</sup>.

Ces constituants furent tout d'abord désignés par des chiffres romains (saikoside I, saikoside II...), puis la purification de ces fractions conduisit les auteurs à distinguer des saikosides Ia, Ib... Depuis que la partie sucrée a été identifiée et les positions d'attache reconnues, les glycosides sont nommés saikosaponines suivies d'une lettre minuscule (saikosaponine a, saikosaponine b...).

Les saikosaponines sont des glycosides triterpéniques dont la fraction osidique est généralement constituée par un diholoside : le  $\beta$ -D glucopyranosyl-(1  $\rightarrow$  3)- $\beta$ -D fucopyranoside. Cependant les saikosaponines c et f sont des hétérosides d'un triholoside : l' $\alpha$ -L rhamnopyranosyl-(1  $\rightarrow$  4)- $\beta$ -D glucopyranosyl-(6  $\rightarrow$  1) glucopyranoside.

Les aglycones terpéniques fixées en 1 sur le sucre sont nommés saikogénines ; celles-ci sont désignées par une lettre majuscule (saikogénine A, saikogénine B...).

C'est entre 1965 et 1968 que deux équipes japonaises (SHIBATA & al. ; KUBOTA & al.) isolèrent, par hydrolyse, les premières saikogénines, soit à partir d'extraits bruts de racine (essentiellement<sup>1</sup> racines de *B. falcatum* L.), soit à partir de fractions purifiées (saikoside I, saikoside II), soit à partir de fractions considérées comme des entités chimiques (saikoside Ia et Ib).

1. Outre la racine de *B. falcatum*, les saikosides Ia, Ib et II ont été signalés par SHIBATA & al. (1966) dans les racines de *B. longiradiatum*, *B. nipponicum* et *B. triradiatum*.

TABLEAU VI. — Monoterpènes signalés chez *Bupleurum*.

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	NOMBRE SP.
25 - Bupleurol		Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum fruticosum</i> par FRANCESCONI & SERNAGIOTTO (1913). Outre cette référence, le produit n'est mentionné que 2 fois dans la littérature : en 1956, BASSIRI signale son odeur de rose et, en 1970, PEYRON & ROUBEAUD le signale à nouveau, en faible quantité, dans la même espèce.	1
26 - Camphène		Obtenu pour la première fois par BERTHELOT (1859) à partir de l'huile de térébenthine. Structure établie par WAGNER & BRYKNER (1900). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970) ( <i>B. fruticosum</i> ).	1
27 - p-Cymène		Obtenu pour la première fois par synthèse (DUMAS, 1833) sous le nom de camphène. Isolé, en tant que produit naturel, pour la 1ère fois, de <i>Cuminum cyminum</i> Wall., par GERHARDT & CAHOURS (1841). Les mêmes auteurs établissent en 1841 l'identité du cymène isolé et du camphène synthétisé par DUMAS. Signalé pour la 1ère fois dans le genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970) ( <i>B. fruticosum</i> ).	1
28 - Acide dihydro-cuminique		Il s'agit du premier produit isolé du genre <i>Bupleurum</i> , signalé d'abord par FRANCESCONI & SANNA (1911) chez <i>B. fruticosum</i> L., sa présence est confirmée dans cette même espèce par FRANCESCONI & SERNAGIOTTO (1916).	1
29 - Estragol		Isolé pour la première fois de <i>Persea gratissima</i> Gaertn (1892), puis de l'estragon par GRIMAUD (1893) sous le nom d'isoanéthol. Signalé pour la 1ère fois dans le genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970) ( <i>B. fruticosum</i> ).	1

TABLEAU VI (suite).

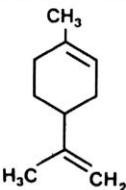
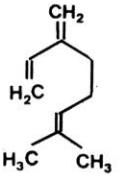
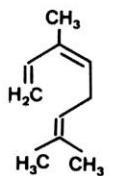
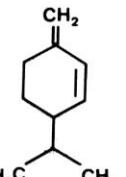
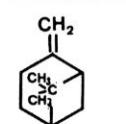
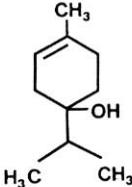
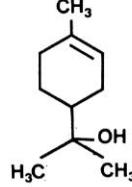
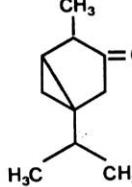
30 - Limonène		Isolé pour la première fois par SCHWEIZER (1841) de <i>Carum carvi</i> L. Signalé pour la 1ère fois dans le genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970).	1
31 - Myrcène		Isolé pour la première fois de <i>Pimenta acris</i> Kostel. par POWER & KLEBER (1895). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970) ( <i>B.fruticosum</i> ).	1
32 - $\beta$ -Ocimène		Isolé pour la première fois d' <i>Ocimum gratissimum</i> Forsk. par ROBERTS (1921). Cité pour la 1ère fois comme constituant du genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970) ( <i>B.fruticosum</i> ). BOHLMANN & al. (1975) signalent chez <i>B.gibraltaricum</i> la présence des isomères <i>cis</i> et <i>trans</i> .	2
33 - $\beta$ -Phellandrène		Isolé pour la première fois de <i>Phellandrium aquaticum</i> par PESCI (1886). KARRER (1958) le signale chez <i>Bupleurum fruticosum</i> L., ce qui est confirmé par PEYRON & ROUBEAUD (1970).	1
34 - $\beta$ -Pinène		Isolé pour la première fois par SIMONSEN (1924) de <i>Pinus gerardiana</i> Wall. Il est signalé pour la 1ère fois dans le genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970) ( <i>B.fruticosum</i> ).	1

TABLEAU VI (fin).

35 - 4-Terpinénol		Isolé pour la première fois d' <i>Elletaria cardamomum</i> Maton par WALLACH (1906). Il est signalé pour la 1ère fois dans le genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970) ( <i>B. fruticosum</i> ).	1
36 - $\alpha$ -Terpinéol		Isolé pour la première fois de l'huile de téérébenthine par TILDEN (1878). Structure établie par WAGNER (1894). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970) ( <i>B. fruticosum</i> ).	1
37 - Thujone (ou Thujol)		Isolé pour la première fois de l'absinthe par LEBLANC (1845). Structure établie par SEMMLER (1900). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par PEYRON & ROUBEAUD (1970) ( <i>B. fruticosum</i> ).	1

L'analyse de ces premiers travaux présente quelques difficultés, compte tenu du fait qu'entre 1965 et 1972, les structures publiées étaient incomplètes et étaient suivies de nombreuses notes correctives. Une mise au point concernant cette période a été publiée en 1973 par TAKEDA (12 réf.).

Actuellement l'optimisation des techniques d'extraction (cf. AKAHORI & al., 1975), de séparation (OTSUKA & al., 1978) et l'utilisation de la spectrométrie de  $^{13}\text{C}$  RMN (cf. TORI & al., 1976, 1976a ; YAMASAKI & al., 1977) permettent d'aboutir à des déterminations de structures moins discutées et ne nécessitant pas d'hydrolyse préalable (source de formation d'artefacts).

Au total huit saikogénines furent reconnues, dont certaines communes à plusieurs saikosaponines. Étant donné qu'il s'agit de produits d'hydrolyse, on ne peut pas considérer ces dérivés comme des constituants naturels de *Bupleurum* ; toutefois leur isolement conserve une valeur historique :

— La première saikogénine obtenue, saikogénine A (38), fut isolée par SHIBATA & al. (1965) et KUBOTA & al. (1967) à partir d'un mélange de glycosides, puis par SHIBATA & al. (1966) par hydrolyse du saikoside Ib. On ne connaît pas encore avec certitude la saikosaponine correspondante mais, selon la stéréochimie du carbone 16, il s'agit de la saikosaponine  $b_1$  ou  $b_2$ .

— Les saikogénines B, C et D, identifiées par KUBOTA & al. (1967) et KUBOTA & TONAMI (1967), sont maintenant considérées comme des artefacts. En effet, la même équipe a ultérieurement obtenu, par hydrolyse douce à la pyridine, d'autres saikogénines (E, F et G) à partir des mêmes substrats (KUBOTA & HINOH, 1967).

— La saikogénine E (39) a tout d'abord été obtenue par NORIO & SHIBATA (1966), puis par KUBOTA & HINOH (1967), enfin par NORIO & al. (1968), à partir du saikoside II. ISHII & al. (1977) ont établi la stéréochimie de ce composé qui fut alors reconnu comme la génine de la saikosaponine c. C'est aussi l'aglycone de la saikosaponine e, qui diffère de la précédente par la nature du sucre.

— La saikogénine F (40) a été isolée par KUBOTA & HINOH en 1966 par hydrolyse du saikoside I. Sa structure a été progressivement établie par ces mêmes auteurs en 1967 et 1968, tandis que SHIBATA & al. (1966) l'obtenaient à partir du saikoside Ia. On sait aujourd'hui qu'il s'agit de la génine de la saikosaponine a.

— La saikogénine G (41) a été obtenue par KUBOTA & HINOH (1967) et par NORIO & al. (1968) ; c'est l'aglycone engagé dans la saikosaponine d.

— La longispinogénine (50), trouvée par KUBOTA & TONAMI (1967) chez *B. falcatum* L. est la génine de la saikosaponine f.

Outre ces saikogénines obtenues par hydrolyse, treize saikosaponines peuvent être considérées comme les triterpénoïdes naturels extraits de *Bupleurum*. Il s'agit des saikosaponines a (42) et b, que SHIMAOKA & al. (1975) séparèrent en saikosaponines<sup>1</sup>  $b_1$  (52),  $b_2$  (53),  $b_3$  (54) et  $b_4$  (55), saikosaponines c (49), d (46), e (45) et f (51). A ceci, il convient d'ajouter, en tant que constituants minoritaires, les dérivés acétylés des :

1. D'après OTSUKA & al. (1978), les saikosaponines  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  et  $b_4$  pourraient être des artefacts formés durant l'extraction.

TABLEAU VII. — Triperpènes signalés chez *Bupleurum*.

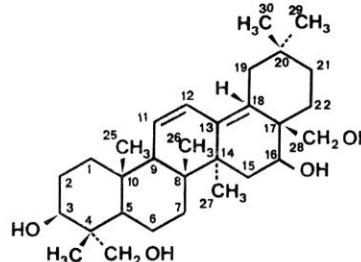
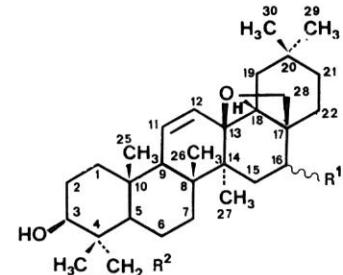
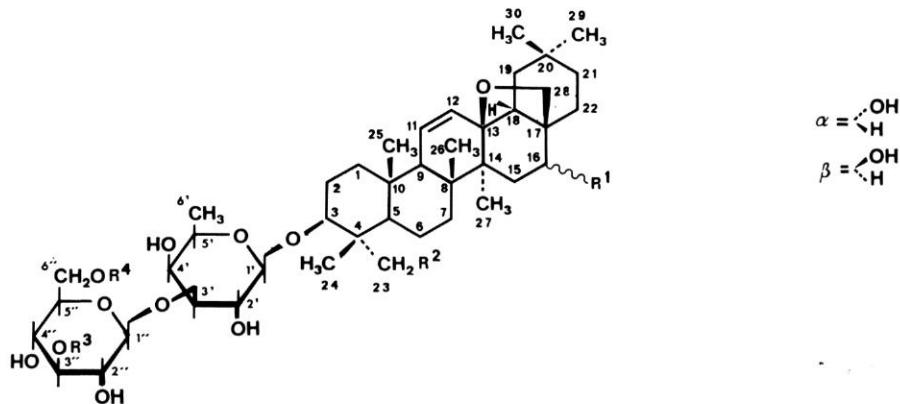
PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp.
38 - Saïkogénine A  Pourrait être la génine de la Saïko-saponine $b_1$ (52) ou $b_2$ (53).		Isolé pour la 1ère fois de <i>B. falcatum</i> L. par SHIBATA & al. (1965). Structure corrigée successivement par SHIBATA & al. (1966 et 1966a) et KUBOTA & al. (1967). Etude des propriétés pharmacologiques par SHIBATA & al. (1973).	4
	$\alpha = \text{OH}$ $\beta = \text{H}$ 	NOTE : Les saïkogénines B, C et D étant des artefacts, elles ne figurent pas dans le Tableau, ni dans le Catalogue des substances. (cf. Texte).	
39 - Saïkogénine E	$R_1 = \beta \text{ OH}$ $R_2 = \text{ H}$	Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum falcatum</i> L. par NORIO & SHIBATA (1966). Structure corrigée par KUBOTA & HINOH (1967), NORIO & al. (1968). Stéréochimie établie par TORI & al. (1976a), confirmée par ISHII & al. (1977).	4
40 - Saïkogénine F	$R_1 = \beta \text{ OH}$ $R_2 = \text{ OH}$	Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum falcatum</i> L. par KUBOTA & HINOH (1966a). Structure confirmée par KUBOTA & HINOH (1967 et 1968). Stéréochimie établie par TORI & al. (1976a).	4
41 - Saïkogénine G	$R_1 = \alpha \text{ OH}$ $R_2 = \text{ OH}$	Isolé pour la première fois de <i>Bupleurum falcatum</i> L. par KUBOTA & HINOH (1967). Structure confirmée par NORIO & al. (1968). Stéréochimie établie par TORI & al. (1976a).	1

TABLEAU VII (suite).

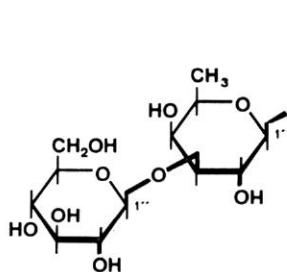


42 - Saikosaponine a (génine F)	$R_1 = \beta \text{ OH}$ $R_2 = \text{OH}$ $R_3 = \text{H}$ $R_4 = \text{H}$	Structure et premier isolement : TORI & al. (1976 et 1976a) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L.	1
43 - Acétyl-6"-O-saikosaponine a (génine F)	$R_1 = \beta \text{ OH}$ $R_2 = \text{OH}$ $R_3 = \text{H}$ $R_4 = \text{Ac}$	Structure et premier isolement : ISHII & al. (1977) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L.	1
44 - Acétyl-23-O-saikosaponine a	$R_1 = \beta \text{ OH}$ $R_2 = \beta \text{ OAc}$ $R_3 = \text{H}$ $R_4 = \text{H}$	Structure et premier isolement : ISHII & al. (1977) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L.	1
45 - Saikosaponine e (génine E)	$R_1 = \beta \text{ OH}$ $R_2 = \text{H}$ $R_3 = \text{H}$ $R_4 = \text{H}$	Structure et premier isolement : ISHII & al. (1977) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L. L'hydrolyse conduit à la saikogénine E (ISHII & al., 1977), déjà obtenue elle-même par hydrolyse du saikoside II (extrait de la racine de la même plante) simultanément par KUBOTA & HINOH (1966) et NORIO & SHIBATA (1966).	1

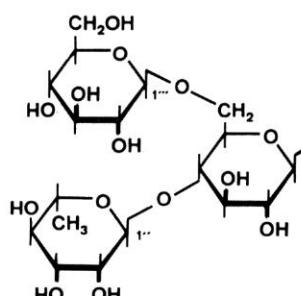
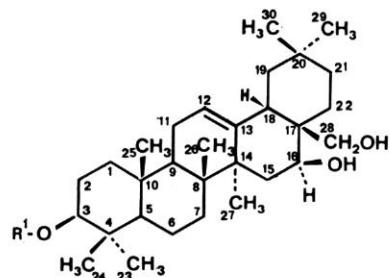
TABLEAU VII (suite).

46 - Saïkosaponine d (génine G)	$R_1 = \alpha\text{ OH}$ $R_2 = \text{OH}$ $R_3 = \text{H}$ $R_4 = \text{H}$	Structure et premier isolement : TORI & al. (1976 et 1976a) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L. Stéréochimie confirmée par ISHII & al. (1977).	1
47 - Acétyl-3"-O-saïko-saponine d (génine G)	$R_1 = \alpha\text{ OH}$ $R_2 = \text{OH}$ $R_3 = \text{Ac}$ $R_4 = \text{H}$	Structure et premier isolement : ISHII & al. (1977), à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L. Retrouvé dans la même plante par YAMASAKI & al. (1977).	1
48 - Acétyl-6"-O-saïko-sapónine d (génine G)	$R_1 = \alpha\text{ OH}$ $R_2 = \text{OH}$ $R_3 = \text{H}$ $R_4 = \text{Ac}$	Structure et premier isolement : ISHII & al. (1977) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L.	1
49 - Saïkosaponine c (génine E)		Structure et premier isolement : TORI & al. (1976 et 1976a) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L.	1

TABLEAU VII (suite).

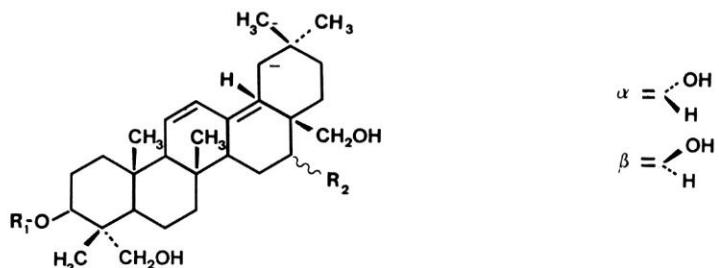


I =  $\beta$ -D glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -D fucopyranoside.



III =  $\alpha$ -L rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D glucopyranosyl-(6 $\rightarrow$ 1)- $\beta$ -D glucopyranoside.

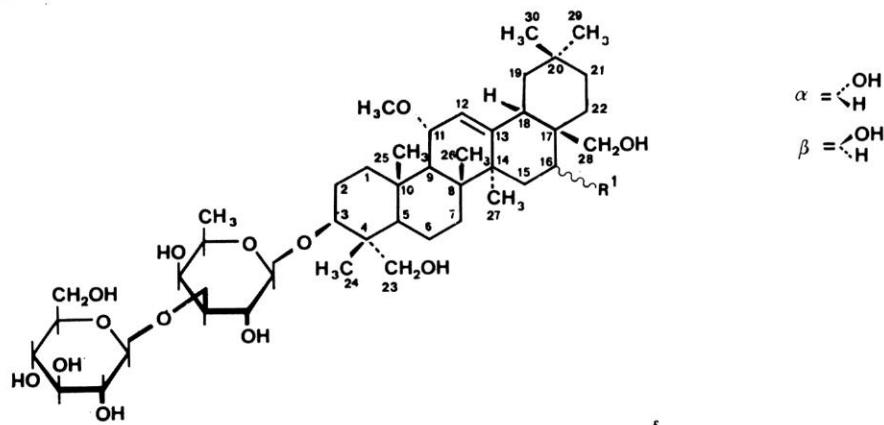
50 - Longispinogénine	$R_1 = H$	Isolé pour la première fois d'un cactus ( <i>Lemaireocereus longispinus</i> Britton & Rose) par DJERASSI & al. (1953). Structure établie par la même équipe (DJERASSI & al., 1954). Il est signalé pour la première fois dans le genre par KUBOTA & TONAMI (1967) ( <i>Bupleurum falcatum</i> ).	1
51 - Saikosaponine f	$R_1 = II$	Structure et premier isolement : TORI & al. (1976 et 1976a) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> .	1



§ Artefacts selon OTSUKA & al., 1978

52 - Saikosaponine b <sub>1</sub> <sup>§</sup>	$R_1 = I$ $R_2 = \beta OH$	Structure et premier isolement : SHIMAOKA & al. (1975) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> .	1
53 - Saikosaponine b <sub>2</sub> <sup>§</sup>	$R_1 = I$ $R_2 = \alpha OH$	Structure et premier isolement : SHIMAOKA & al. (1975) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> .	1

TABLEAU VII (fin).



§ Artefacts selon OTSUKA & al., 1978

54 - Saikogenine b <sub>3</sub>	R <sub>1</sub> = β OH	Structure et premier isolement : SHIMAOKA & al. (1975) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L.	1
55 - Saikogenine b <sub>4</sub>	R <sub>1</sub> = α OH	Structure et premier isolement : SHIMAOKA & al. (1975) à partir de la racine de <i>Bupleurum falcatum</i> L.	1

TABLEAU VIII. — Stérols signalés chez *Bupleurum*.

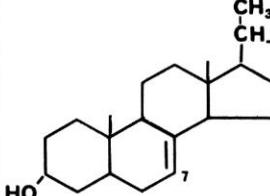
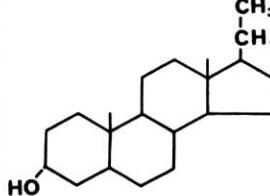
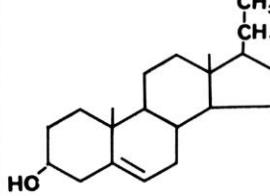
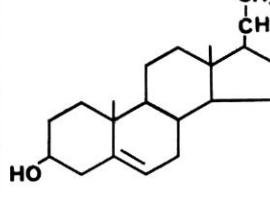
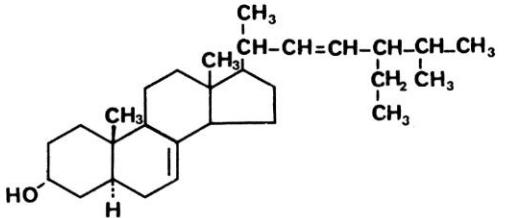
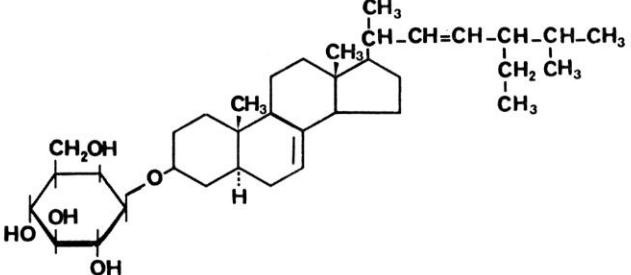
PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp.
56 - $\Delta^7$ -stigmastérol	 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<p>Isolé pour la première fois de l'huile de germe de blé et structure établie par IDLER &amp; al. (1953).</p> <p>1er isolement du genre : TAKEDA &amp; al. (1958) (<i>B. falcatum</i>).</p>	1
57 - $\Delta^{22}$ -stigmastérol	 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<p>Obtenu pour la première fois par synthèse par BARTON &amp; BROOKS (1950).</p> <p>1er isolement comme produit naturel, à partir de <i>Bupleurum falcatum</i> L., par TAKEDA &amp; KUBOTA (1958).</p>	1
58 - Stigmastérol	 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<p>Isolé pour la première fois de <i>Physostigma venetum</i> Balf. par WINDAUS &amp; HAUTH (1906).</p> <p>Structure établie par FERNHOLZ (1933 et 1934) et FERNHOLZ &amp; CHAKRAVORTY (1934).</p> <p>1er isolement du genre : TAKEDA &amp; KUBOTA (1958) (<i>B. falcatum</i>)</p>	9 + 4 (genres affines)
59 - $\beta$ -Sitostérol (ou Cinchol)	 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<p>Isolé pour la première fois de l'huile de maïs, ANDERSON &amp; SHRINER (1926).</p> <p>BERNSTEIN &amp; WALLIS (1937) l'identifient au dihydro-22,23 stigmastérol.</p> <p>Structure du stigmastérol (cf. ci-dessus).</p> <p>1er isolement du genre : TOMIMATSU &amp; al. (1972) (<i>B. falcatum</i>).</p>	1

TABLEAU VIII (fin).

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp.
60 - $\alpha$ -Spinastérol		<p>Isolé pour la première fois de la feuille d'épinard par HEYL &amp; al. (1929).</p> <p>Isolé pour la 1ère fois du genre par TAKEDA &amp; al. (1953) (<i>B. falcatum</i>).</p>	10
61 - $\alpha$ -Spinastéryl- $\beta$ , $\beta$ -D-glucopyranoside		<p>Premier isolement : ITO &amp; al. (1964)</p> <p>1er isolement dans le genre : ISHII &amp; al. (1977) (<i>B. falcatum</i>).</p>	1

- saikosaponine a : 6"-0-acétyl (43) et 23-0-acétyl (44),
- saikosaponine d : 3"-0-acétyl (47) et 6"-0-acétyl (48).

La 6"-0-acétyl-saikosaponine b<sub>4</sub> doit être considérée comme un artefact (*cf. SHIMAOKA & al.*, 1975 ; *ISHII & al.*, 1977).

Les structures de ces différents composés sont insérées dans le tableau VII.

### VIII. STÉROLS

Cinq stérols [ $\Delta_7$  (56) et  $\Delta_{22}$ -stigmastérol (57), stigmastérol (58),  $\beta$ -sitostérol (59) et  $\alpha$ -spinastérol (60)] ainsi que le glycoside de l' $\alpha$ -spinastérol (61) sont signalés dans le genre *Bupleurum* L. Dans un premier temps, tous ces produits ont été isolés de *B. falcatum* L. (*cf. TAKEDA*, 1973).

Ce nombre de constituants est relativement élevé, compte tenu du fait que seulement deux de ces dérivés ( $\beta$ -sitostérol et stigmastérol) ont été caractérisés dans l'ensemble de la tribu des Peucedanées (*cf. CARBONNIER & al.*, 1978), une des plus grandes tribus de la famille des Ombellifères.

Chez *Bupleurum*, nos résultats tendent à montrer que cette série est mieux représentée chez les espèces les plus primitives et qu'elle est pratiquement absente des espèces méditerranéennes recouvrant le sous-genre *Tenoria* plus évolué. S'il existait un lien entre l'archaïsme et la richesse en stérols, il semblerait logique que les Peucedanées, plus évoluées que les Amminées auxquelles se rattache *Bupleurum*, soient moins bien pourvues en constituants de cette série, or, c'est ce que l'on observe ; il convient toutefois de noter que ceci ne constitue pas la preuve que l'abondance des stérols soit un critère de primitivité, ces composés étant rarement recherchés systématiquement ; les comparaisons numériques qu'il nous a été possible d'effectuer ne doivent donc pas conduire à des conclusions considérées comme définitives.

### IX. ACIDES CINNAMIQUES ET DÉRIVÉS

Trois acides cinnamiques : l'acide ortho-coumarique (62), l'acide caféïque (63) et l'acide férulique (64), ainsi qu'un dérivé de l'acide caféïque [l'acide chlorogénique (65)], ont été rencontrés à l'état libre dans le genre *Bupleurum* L.

Bien que ces polyphénols soient des indicateurs du degré d'évolution des Angiospermes (BATE-SMITH, 1962 et 1968), ils ne semblent pas avoir été systématiquement recherchés dans le genre *Bupleurum*. En effet, mis à part notre étude, seul BATE-SMITH dans son travail de 1962 où il prend comme exemple du genre l'espèce *B. fruticosum* L. s'est intéressé à cette série.

Comme on peut le voir dans le catalogue des substances, la répartition de ces polyphénols est très dispersée dans le genre. Leur distribution actuellement connue n'est donc pas susceptible d'apporter, au moins au niveau de cette étude générique, une quelconque information quant au degré évolutif des espèces étudiées.

TABLEAU IX. — Acides cinnamiques et dérivés signalés chez *Bupleurum*.

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre d.r.
62 - Acide ortho-coumarique		Isolé pour la première fois d' <i>Agraeum fragans</i> L. par ZWENGER (1872). Signalé dans le genre <i>Bupleurum</i> dans plusieurs espèces par CAUWET-MARC (1976).	8
63 - Acide caféïque		Isolé pour la première fois du café et sa structure établie par HLASIWETZ (1867). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par BATE-SMITH (1962) ( <i>B. fruticosum</i> ).	1
64 - Acide férulique		Isolé pour la première fois de <i>Ferula foetida</i> Rgl. par HLASIWETZ & BARTH (1866). Reconnu pour la 1ère fois dans le genre par BATE-SMITH (1962) ( <i>B. fruticosum</i> ).	17 + 3 (genres affines)
65 - Acide chlorogénique		Isolé pour la première fois par ROCHLEDER (1846) à partir du café. Structure définitive établie par FISCHER & DANGSHAT (1932). Signalé dans plusieurs espèces du genre <i>Bupleurum</i> par CAUWET-MARC (1976).	29 + 5 (genres affines)

## X. COUMARINES

Bien que cette série soit très bien représentée chez les Ombellifères (GONZALEZ & al., 1976), cinq coumarines seulement ont été trouvées dans le genre *Bupleurum* L.

Il s'agit de :

— trois coumarines simples [l'isoscopolétine (66), la scoparone (67) et la triméthoxy-6, 7, 8 coumarine (68)], qui ont été isolées de l'espèce *B. fruticosens* L. par GONZALEZ & al. (1975) ;

— une dihydrofurocoumarine : l'anomaline (69), qui a été relevée chez *B. falcatum* L. par BANERJI & al. (1977) ;

— une furocoumarine, l'angélicine (70), qui a été signalée dans une variété de *B. falcatum* L. (var. *komarovii* K.-Pol.) par NAKABAYASHI & al. (1964). Nous avons nous-mêmes recherché ce dernier produit sans succès dans une cinquantaine de taxons, ce qui nous amène à penser que le genre *Bupleurum* ne renferme aucune des furocoumarines (*s.s.*), habituellement rencontrées chez les Ombellifères.

Vis-à-vis des coumarines simples, le nombre de données relatives au genre *Bupleurum* est trop faible pour apporter des renseignements taxonomiquement utiles.

Les formules de ces constituants sont données dans le tableau X.

## XI. LIGNANES

Cette série est très peu représentée chez les Ombellifères et jusqu'à ces dernières années, on ne signalait dans celle-ci qu'un seul dérivé : la silicicoline (ou desoxypodophyllotoxine) dont la distribution est limitée aux genres *Anthriscus* (*A. silvestris* (L.) Hoffm. et *A. caucalis* Bieb.) et *Cicuta* (*C. maculata* L.) (cf. HEGNAUER, 1973).

La découverte par GONZALEZ & al. (1975) de deux nouveaux lignanes [l'isodiphylle (71) et la deoxyisodiphylle (72)] chez *Bupleurum fruticosens* L. présente donc un grand intérêt au niveau de la famille.

La structure de ces deux derniers dérivés est donnée dans le tableau XI.

## XII. FLAVONOÏDES

A notre connaissance, deux articles de synthèse consacrés aux flavonoïdes des Ombellifères, et intéressant donc le genre *Bupleurum* L., sont parus à ce jour (HARBORNE, 1971 ; BANDYUKOVA, 1972). Cette série est actuellement la plus étudiée dans ce genre et de nombreuses données nouvelles ont été établies depuis la parution de ces revues.

Il ressort de cet ensemble de travaux que les variations qualitatives inter-spécifiques des flavonoïdes sont très faibles et présentent donc peu d'intérêt taxonomique au niveau infra-générique ; par contre les variations quantitatives qui ont, elles aussi, fait l'objet de nombreuses études, permettent d'éclaircir le rôle de différents facteurs vis-à-vis du métabolisme flavonoïdique.

TABLEAU X. — Coumarines signalées chez *Bupleurum*.

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp.
COUMARINES SIMPLES			
66 - Isoscopolétine	<p>Chemical structure of Isoscopolétine: 6-hydroxy-7-methoxy-2H-1,3-benzodioxole-2-one. The structure shows a benzene ring fused with a five-membered dioxole ring. The dioxole ring has a hydroxyl group (HO) at position 6 and a methoxy group (H<sub>3</sub>CO) at position 7. The benzene ring has a double bond between positions 1 and 2, and a carbonyl group (C=O) at position 3.</p>	<p>Isolée pour la première fois de <i>Buxus koreana</i> Nakai par NAKANO &amp; al. (1966). Signalée pour la 1ère fois dans le genre par GONZALEZ &amp; al. (1975) (<i>B. fruticosens</i>).</p>	1
67 - Scoparone	<p>Chemical structure of Scoparone: 6,7-dimethoxy-2H-1,3-benzodioxole-2-one. The structure shows a benzene ring fused with a five-membered dioxole ring. Both the 6 and 7 positions of the benzene ring are substituted with methoxy groups (H<sub>3</sub>CO).</p>	<p>Isolée pour la première fois d'<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. &amp; Kit par PARIHAR &amp; DUTT (1947). Structure établie et vérifiée par synthèse par SINGH &amp; al. (1954). Signalée dans le genre pour la 1ère fois par GONZALEZ &amp; al. (1975) (<i>B. fruticosens</i>).</p>	1
68 - Triméthoxy-6,7,8 coumarine	<p>Chemical structure of Triméthoxy-6,7,8 coumarine: 6,7,8-trimethoxy-2H-1,3-benzodioxole-2-one. The structure shows a benzene ring fused with a five-membered dioxole ring. All three ortho positions (6, 7, and 8) of the benzene ring are substituted with methoxy groups (H<sub>3</sub>CO).</p>	<p>Préparée tout d'abord par synthèse par KÖRNER &amp; BIGINELLI (1891). Structure démontrée par WESSELY &amp; DEMMER (1928). 1er isolement en tant que produit naturel de <i>Fagara macrophylla</i> Engl. par KING &amp; al. (1954). 1er isolement du genre : GONZALEZ &amp; al. (1975) (<i>B. fruticosens</i>).</p>	1
DIHYDROPYRANNOCOUMARINE			
69 - (-) Anomaline	<p>Chemical structure of (-) Anomaline: 2,2-dimethyl-3,4-dihydro-6,7-dihydro-2H-1,3-benzodioxole-2-one. The structure shows a benzene ring fused with a five-membered dioxole ring. The 2-position of the dioxole ring is substituted with a 2,2-dimethylprop-1-enyl group (CH<sub>3</sub>-C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-CH=CH-CH<sub>3</sub>).</p>	<p>Isolée pour la première fois des racines d'<i>Angelica anomala</i> Lall. par HATA &amp; al. (1966). Signalée pour la 1ère fois dans le genre par BANERJI &amp; al. (1977) (<i>B. falcatum</i>).</p>	1
FUCOCOUMARINE			
70 - Angélicine	<p>Chemical structure of Angélicine: 2H-1,3-benzodioxole-2-one. The structure shows a benzene ring fused with a five-membered dioxole ring. The 2-position of the dioxole ring is substituted with a methylene group (CH<sub>2</sub>).</p>	<p>Isolée pour la première fois des racines d'<i>Angelica archangelica</i> L. par BUCHNER (1842). Structure établie par SPATCH &amp; PESTA (1934). Signalée pour la 1ère fois dans le genre par NAKABAYASHI &amp; al. (1964) (<i>B. falcatum</i> var. <i>koma-rovii</i>).</p>	1

TABLEAU XI. — Lignanes signalés chez *Bupleurum*.

PRODUITS	FORMULE	HISTORIQUE	Nombre sp.
71 - Isodiphylline R = OH		Produits isolés pour la première fois de <i>Bupleurum fruticoscens</i> L. par GONZALEZ & al. (1975).	1
72 - Deoxyisodiphylle R = H			1

### 1. Variations avec la conservation en herbier

MINAEVA & VALKONSKAYA (1970) ont montré qu'il n'y avait aucune différence de composition en flavonoïdes entre des individus fraîchement récoltés et des exemplaires d'herbier du genre *Bupleurum* vieux de soixante ans. Nous avons personnellement confirmé ces observations sur des échantillons de *B. atlanticum* Murb. conservés en herbier depuis cent cinquante ans (CAUWET & CARBONNIER, 1976b).

### 2. Variations avec les conditions écologiques

SOBOLOVSKAYA & MINAEVA (1961) ont remarqué que les espèces d'altitude sont celles qui ont la plus forte teneur en flavonoïdes (analyses effectuées sur des fleurs de la région de l'Altaï).

D'autre part l'étude comparée de *B. rotundifolium* L., *B. pusillum* Kryl., *B. bicaule* Helm., *B. aureum* Fisch., *B. scorzonerifolium* Willd. et *B. multinerve* DC. a montré une augmentation de la teneur en flavonoïdes lorsque l'on passe des espèces mésophiles aux espèces xérophiles (MINAEVA & al., 1965).

KISSELIEVA & MINAEVA (1972) ont signalé que *B. rotundifolium* L. présente des variations de taux de flavonols plus importantes dans des cultures en pleine terre que dans des cultures en serre.

Enfin, on observe certaines variations quantitatives en fonction de la période de la journée [expériences de KISSELIEVA & MINAEVA (1974) sur *B. brachiatum* C. Koch ex Boiss].

### 3. Variations avec l'organe

GOROVY & UANOVA (1974) ont prouvé que les inflorescences sont beaucoup plus riches en flavonols libres que les feuilles ou les tiges ; par contre, tous les organes renferment des quantités globales approximativement équivalentes de glycosides flavonoliques. Les racines ne renferment que des traces de flavonoïdes (GOROVY & al., 1973).

Notons, enfin, que certains glycosides peuvent être spécifiques d'organes déterminés (narcissine et isoquercitrine dans les feuilles et les tiges), tandis que la rutine est présente partout, y compris dans la racine. En outre, ZAPROMETOV & al. (1972) ont mis en évidence un glucoside de quercétine caractéristique de l'hypocotyle.

### 4. Variations avec le stade de développement

ZAPROMETOV & al. (1972) prenant pour support *B. rotundifolium* L., ont indiqué que les flavonols libres apparaissent seulement chez l'adulte, tandis que leurs glycosides sont présents à tous les stades, y compris chez la jeune plantule.

Il apparaît donc nettement que, du point de vue quantitatif et dans l'ensemble de la plante, les flavonols et leurs glycosides ont des évolutions différentes : MINAEVA & KISSELIEVA (1971) sur *B. rotundifolium* L. et KISSELIEVA & MINAEVA (1968) sur *B. aureum* Fisch. ont montré que la teneur en flavonols libres augmente avec le stade de développement jusqu'au début de la floraison, tandis que celle en glycosides est maximum dans la feuille au stade de la rosette et diminue ensuite (cf. KISSELIEVA & MINAEVA, 1976).

Ces auteurs (voir aussi KISSELIEVA & al., 1971) constatent que, chez les deux espèces étudiées, le taux de flavonols libres et de leurs glycosides diminue dans toute la plante lors de la fructification, phénomène qui s'accélère rapidement lors de la maturation des fruits. MINAEVA (1974) note que dans les organes reproducteurs cette décroissance est plus rapide pour les formes libres que pour leur glycosides.

### 5. Métabolisme flavonoïdique

Le rapport des quantités de flavonols libres à celui des glycosides a soulevé le problème fondamental de savoir si les glycosides étaient formés par condensation d'un sucre sur le flavonol libre ou si ceux-ci résultaient de l'hydrolyse des glycosides préexistants.

ZAPROMETOV & al. (1972) ont montré par la technique du marquage (<sup>14</sup>C) que les glycosides apparaissent après les flavonols libres ; si ceux-ci sont absents de la plantule, c'est qu'ils sont glycosidés dès leur formation et que, dès lors, ils ne s'accumulent pas.

Le catabolisme des flavonoïdes de *Bupleurum* commence à être connu. Ainsi, ZHNAEVA & al. (1978) ont récemment mis en évidence la présence dans la feuille d'un système enzymatique capable de cliver les flavonols en formant de l'acide phloroglucine carboxylique.

### 6. Variation qualitative

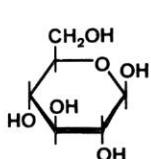
Il convient de remarquer que les flavonoïdes ne sont représentés dans le genre *Bupleurum* L. que<sup>1</sup> par des flavonols libres ou par leurs glycosides.

Les trois flavonols que l'on y rencontre sont connus chez d'autres genres d'Ombellières ; il s'agit du kaempférol (73), de la quercétine (74) et de l'isorhamnétine (75) ; quatre de leurs glycosides : le rutinoside-3 kaempférol (76), l'isoquercitrine (ou glucoside-3 quercétine) (77), la rutine (ou rutoside ou rutinoside-3 quercétine) (78) et la narcissine (ou rutinoside-3 isorhamnétine) (79) ont été isolés de différentes espèces de *Bupleurum* (cf. formules tabl. XIV).

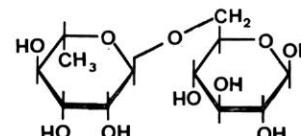
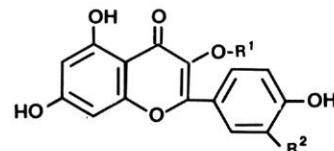
La distribution de ces différents constituants dans le genre est très variable. C'est ainsi que, si la rutine, la quercétine, la narcissine et l'isorhamnétine se trouvent pratiquement dans toutes les espèces étudiées, les autres flavonoïdes ont une distribution beaucoup plus restreinte, qui est même limitée pour le rutinoside-3 kaempférol à *B. gibraltaricum* Lam. Il est également intéressant de remarquer que, si certains d'entre eux comme la

1. Bien que KISSELIEVA & MINAEVA (1976) aient signalé chez *B. rotundifolium* L. un glycoside de cyanidine non complètement identifié.

TABLEAU XII. — Flavonoïdes signalés chez *Bupleurum*.



I = Glucopyranose



II = Rutinose

PRODUITS	FORMULES	HISTORIQUE	Nombre sp.
73 - Kaempférol	$R_1 = H$ $R_2 = H$	Isolé pour la première fois de <i>Delphinium consoides</i> S.F.Gray par PERKIN & WILKINSON (1902). Structure établie par HERSTEIN & von KOSTANEKI (1899). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par BATE-SMITH (1962) ( <i>B. fruticosum</i> ).	5
74 - Quercétine	$R_1 = H$ $R_2 = OH$	Isolé pour la première fois de l'écorce de <i>Quercus tinctoria</i> Czern. par RIGAUD (1854). Structure établie par KOSTANEKI & TAMBOR (1895). Signalé pour la 1ère fois dans le genre chez <i>B. falcatum</i> par HORHAMMER & al. (1958).	57 + 6 (genres affines)
75 - Isohammétine	$R_1 = H$ $R_2 = OCH_3$	Isolé pour la première fois de <i>Cheiranthus cheiri</i> L. par PERKIN & HUMMEL (1896). Structure définitive établie par PERKIN & PIGLIM (1898) qui lui donnent son nom actuel. Signalé pour la 1ère fois dans le genre par HORHAMMER & al. (1958) ( <i>B. falcatum</i> ).	38 + 2 (genres affines)
76 - Rutinoside-3-kaempférol	$R_1 = II$ $R_2 = H$	Isolé pour la première fois des feuilles de <i>Calystegia japonica</i> Choisy par HUKUTI (1939). Signalé pour la 1ère fois dans le genre chez <i>B. gibraltaricum</i> par CROWDEN & al. (1960).	1
77 - Isoquercitrine	$R_1 = I$ $R_2 = OH$	Isolé pour la première fois de <i>Coseyptium herbaceum</i> L. par PERKIN (1909). Structure vérifiée par synthèse par ICE & WENDER (1952). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par MINAEVA & al. (1965) ( <i>B. aureum</i> , <i>B. bicaule</i> , <i>B. multinerve</i> , <i>B. pusilium</i> et <i>B. scorzonerafolium</i> ).	11
78 - Rutine (rutoside)	$R_1 = II$ $R_2 = OH$	Isolé pour la première fois de <i>Ruta graveolens</i> L. par WEISS (1842). La nature glycosidique du produit et la structure de l'aglycone sont établies par STEIN (1862). Le sucre est identifié par CHARAUX (1924) et sa position d'attache est donnée par ATTREE & PERKIN (1927). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par RABATE (1930) ( <i>B. falcatum</i> ).	60 + 4 (genres affines)
79 - Narcissine	$R_1 = II$ $R_2 = OCH_3$	Isolé pour la première fois de <i>Narcissus tazetta</i> Linn. par KUBOTA & HASE (1956). Structure établie par KOTAKE & ARAKAWA (1956). Signalé pour la 1ère fois dans le genre par MINAEVA & VALKONSKAYA (1964) ( <i>B. multinerve</i> ).	56 + 4 (genres affines)

rutine<sup>1</sup>, le kaempférol et la quercétine sont très répandus dans la famille des Ombellifères, d'autres comme l'isorhamnétine (HARBORNE, 1971), la narcissine et le rutinoside-3 kaempférol s'avèrent, au contraire, très rares dans cette famille.

#### CONCLUSION

Soixante-huit taxons représentant cinquante et une espèces<sup>2</sup> ont été étudiés d'un point de vue chimique quelconque ; parmi eux trente-quatre ont été abordés sous cet aspect, pour la première fois, par nous-mêmes.

L'ensemble des travaux cités permet de caractériser soixante-dix-neuf constituants dans le genre *Bupleurum* L., ce qui représente quatre cent vingt-huit données (plante-produits), dont deux cent vingt-trois établies et quatorze confirmées par les auteurs. L'examen des tableaux I à XII révèle que trente et un produits nouveaux<sup>3</sup> ont été isolés de ce genre qui constitue donc une source intéressante de substances naturelles originales.

Si les soixante-dix-neuf produits isolés représentent la plupart des grands groupes de constituants végétaux, il faut tout de même remarquer un certain nombre d'absences. C'est ainsi que les sesquiterpènes, si abondants dans quelques genres d'Ombellifères (cf. HEGNAUER, 1973 et 1978), semblent d'après la littérature actuelle complètement absents des *Bupleurum* qui, par contre, renferment de nombreux triterpènes très mal représentés dans d'autres groupes de la famille (cf. Peucedanées).

On notera de même l'absence de références relatives aux phénylpropanes, aux chromones, aux buténolides ou aux phtalides. Enfin, HARBORNE & KING (1976) ont recherché sans succès des sulfates de flavonoïdes dans de nombreuses espèces de *Bupleurum* ; cette nouvelle série de polyphénols semblant largement distribuée dans la famille, il s'agit très nettement d'une particularité chimiotaxonomique.

Parmi les séries représentées dans le genre il convient de noter l'inégalité de l'importance de leur étude ; en effet, si plus de cinquante espèces ont été examinées quant à leur contenu en flavonoïdes, la plupart des produits naturels nouveaux ne sont signalés que dans un seul taxon : celui duquel ils ont été isolés. L'exemple des triterpénoïdes, qui comprend dix-sept des trente et une substances naturelles nouvelles, illustre bien cette remarque puisqu'elles ont toutes été extraites du seul *Bupleurum falcatum* L. L'intérêt porté à cette espèce par les chercheurs nippons résulte du fait que sa racine entre dans la pharmacopée traditionnelle chinoise (« Ch'ai-fu » en Chine ou « saiko » au Japon = *bupleuri radix*). Malheureusement la distribution de ces dix-sept constituants n'a pratiquement pas été étudiée, ces dérivés ne sont donc pas utilisables à des fins taxonomiques. Il en est de même actuellement pour la plupart des autres séries chimiques excepté les flavonoïdes.

1. Quantitativement la rutine est le plus important de ces flavonols ; plusieurs fois dosée elle représente environ 4 % en poids de matériel sec de la plante (cf. par exemple KIM LI GYUN & CHU DONG BOM, 1975).

2. Auxquelles il convient d'ajouter six espèces appartenant à des genres affines (*Hermas*, *Heteromorpha*, *Nirarathamnus* et *Rhyticarpus*) examinées pour la première fois de ce point de vue par les auteurs. Ces études portant sur les stérols, les acides cinnamiques et les flavonoïdes augmentent de trente-cinq le nombre de données (plante-produits) actuellement connues et relatives au genre *Bupleurum* et à son environnement taxonomique immédiat.

3. Parmi les trente et une substances nouvelles, on distingue : treize saikosaponines, neuf polyines, quatre saikogénines, deux cyclohexadiènes, deux lignanes, deux monoterpènes dont un alcool spécifique : le bupleurol.

Cependant une place à part sera faite aux polyines bien que les données concernant ces produits ne se rapportent qu'à six espèces ; en effet, les résultats obtenus par BOHLMANN & al (l.c.), intéressant treize substances et leur distribution, semblent avoir une signification au niveau des deux sous-genres. Aux deux foyers de différenciation mis en évidence pour le genre *Bupleurum* L. par l'un d'entre nous (CAUWET, 1970, 1971) correspondent le sous-genre *Bupleurum* d'origine asiatique et le sous-genre *Tenoria* d'origine méditerranéenne distingués sur des critères morphologiques, anatomiques et chorologiques (CAUWET-MARC, 1976). Or, toutes les espèces étudiées par BOHLMANN et rattachées au sous-genre *Tenoria* renferment des acétyléniques en C<sub>16</sub> et sont dépourvues des dérivés en C<sub>15</sub> et C<sub>17</sub>, que l'on rencontre chez des espèces du sous-genre *Bupleurum*.

Signalons encore l'abondance relative des stérols bien mieux représentés dans le genre *Bupleurum* L. (surtout dans le sous-genre *Bupleurum*) que dans d'autres genres d'Ombellifères.

Parmi les flavonoïdes, seuls des flavonols ont pu être mis en évidence, ce qui, en accord avec le principe de BATE-SMITH (1962), apporte un élément en faveur de l'archaïsme du genre *Bupleurum* L. au sein des Ombellifères dont certains genres renferment des flavonoïdes moins hydroxylés.

On constate que la plupart des espèces de *Bupleurum* étudiées présentent une composition en flavonoïdes analogue, ce qui confère une grande unité au genre mais qui, en contrepartie, rend cette série inutilisable au niveau infra-générique. Par contre la composition quantitative offre quelques différences au niveau des sous-sections. Comme le soulignent GOROVOV & al. (1978), les espèces de la sous-section *Chrysophyton* Lincz. sont beaucoup plus pauvres en flavonols libres que les autres espèces d'Extrême-Orient soviétique. Nous avons pu faire une observation de même type sur les espèces méditerranéennes de la section *Tenoria* ; celles-ci se sont, en effet, avérées quantitativement beaucoup plus riches en flavonoïdes que les autres taxons du sous-genre (CAUWET-MARC, 1976).

Globalement la composition des espèces du genre *Bupleurum* L. constitue une « empreinte » suffisamment caractéristique du genre pour nous permettre d'apprécier ses affinités avec les autres Ombellifères. En effet, la présence de saponines et l'absence de furocoumarines constituent certains points de rapprochement avec d'autres genres, *Eryngium* et *Ferula*, par exemple. Toutefois, l'absence de sesquiterpènes et de coumarines sesquiterpéniques chez *Bupleurum* distingue très nettement ce taxon de *Ferula*.

Le critère « absence de furocoumarines » crée de même une différence fondamentale entre *Bupleurum* et tous les genres rattachés aux tribus des Peucedanées et des Pastinacées. Si ce dernier point permet un rapprochement chimique de *Bupleurum* avec les représentants de la tribu des Caucalidées, la présence de sulfate de flavonoïdes et de flavones et l'absence de saponine dans les seconds impliquent une séparation nette entre ces taxons, que leurs niveaux respectifs d'évolution morphologique situent aux antipodes dans la sous-famille des Apioideae.

Vis-à-vis des genres qui, comme *Bupleurum* appartiennent à la sous-tribu des Cariées, on notera la présence de furocoumarines chez *Amni*, *Apium*, *Petroselinum* et *Pimpinella* (NIELSEN, 1971) ce qui singularise étrangement *Bupleurum* au sein de son groupe taxonomique.

La comparaison des faciès flavonoïques des genres considérés comme morphologique-

ment très proches de *Bupleurum* (*Hermas*, *Heteromorpha*, *Nirarathamnus* et *Rhyticarpus*) permet de constater que, mis à part *Heteromorpha*, de grandes différences séparent ces taxons ; en effet, l'isorhamnétine particulièrement bien représentée chez *Bupleurum* n'est présente que dans ce dernier genre et absente des trois autres.

L'analyse des résultats phytochimiques connus à ce jour, relatifs au genre *Bupleurum*, nous amène à constater que la chimiotaxonomie ne permet pas de mettre en évidence des différences notables entre les espèces ; la valeur des critères chimiques ne semble effective qu'à des niveaux taxonomiques de rang plus élevé. C'est ainsi que si l'on peut observer des différences entre les sous-genres, c'est surtout au niveau générique que la chimiotaxonomie s'avère la plus discriminatoire.

Le genre *Bupleurum*, déjà remarquable au sein de la famille des Ombellifères par ses feuilles entières, apparaît donc à la suite de cette mise au point comme caractérisé par un chimisme particulier qui le distingue très nettement des autres Ombellifères.

#### **Remerciements**

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers P. JÖSSANG qui a grandement participé à la recherche bibliographique ayant servi de support à cette mise au point.

CONSTITUANTS DU GENRE BUPLEURUM L.

LISTE DES AUTEURS AYANT TRAVAILLÉ SUR LE GENRE

(Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de populations étudiées)

AUTEURS	TAXONS	SERIES	AUTEURS	TAXONS	SERIES
ARTEM'EVA & NIKONOV, 1971	<i>B.tchimganicum</i>	Flavonoïdes	CAUWET-MARC, 1976 (suite)	<i>B.oligactis</i>	
BANDYUKOVA, 1972 Rev.bibl.	<i>B.affine</i>	Flavonoïdes		<i>var.choulettei</i> (1)	Flavonoïdes
BANERJI & al., 1977	<i>B.falcatum</i>	Coumarines		<i>var.oligactis</i> (1)	Flavonoïdes
BATE-SMITH, 1962	<i>B.fruticosum</i>	Ac.cinnam., Flav.		<i>B.olympicum</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.
BOHLMANN & al., 1961	<i>B.rotundifolium</i>	Polyines		<i>B.petiolare</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
BOHLMANN, 1971	<i>B.gerardi</i>	Polyines		<i>B.plantagineum</i> (1)	Flavonoïdes
	<i>B.longiradiatum</i>	Polyines		<i>B.ranunculoides</i>	
	<i>B.rotundifolium</i>	Polyines		<i>var.ranunculoides</i> (15)	Ac.cinnam., Flav.
BOHLMANN & al., 1971	<i>B.gerardi</i>	Polyines		<i>var.telonense</i> (5)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
	<i>B.multinerve</i>	Polyines		<i>B.rigidum</i>	
	<i>B.ranunculoides</i>	Polyines		<i>subsp.paniculatum</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.
	<i>B.tenuissimum</i>	Polyines		<i>subsp.rigidum</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
BOHLMANN & al., 1975.	<i>B.gibraltaricum</i>	Polyines, Cyclohex., Monoterp.		<i>B.saccharinense</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
CAUWET-MARC, 1976	<i>B.acutifolium</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		<i>B.salicifolium</i>	
	<i>B.album</i> (1)	Flavonoïdes		<i>var.aciphyllum</i> (2)	Ac.cinnam., Flav.
	<i>B.antonii</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		<i>var.salicifolium</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.
	<i>B.atlanticum</i>			<i>B.scorzoniferifolium</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
	<i>subsp.aiouense</i> (14)	Itols, Ac.cinnam., Flavonoïdes		<i>B.spinosa</i>	
	<i>subsp.algeriense</i> (11)	Ac.cinnam., Flav.		<i>var.mauritanicum</i> (4)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
	<i>subsp.atlanticum</i> (7)	Ac.cinnam., Flav.		<i>var.spinosa</i> (6)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
	<i>subsp.mairei</i> (3)	Ac.cinnam., Flav.		<i>B.subspinosa</i> (1)	Flavonoïdes
	<i>B.balanseae</i>			<i>B.triradiatum</i>	
	<i>var.balanseae</i> (2)	Flavonoïdes		<i>var.alpinum</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.
	<i>var.longiradiatum</i> (1)	Flavonoïdes		HERMAS	
	<i>B.barceloi</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		<i>H.quinquedentata</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
	<i>B.benoistii</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		HETEROMORPHA	
	<i>B.canescens</i> (1)	Flavonoïdes		<i>H.glaucia</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.
	<i>B.dianthifolium</i> (1)	Flavonoïdes		<i>H.trifoliata</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
	<i>B.dumosum</i> (1)	Flavonoïdes		NIRARATHAMNUS	
	<i>B.falcatum</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		<i>N.asarifolius</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
	<i>B.faurelii</i> (4)	Ac.cinnam., Flav.		RHYTICARPUS	
	<i>B.foliosum</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		<i>R.diformis</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.
	<i>B.fruticosens</i>			<i>R.ecklonis</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes
	<i>var.eliatus</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.	CAUWET & CARBONNIER, 1976a	<i>B.atlanticum</i>	
	<i>var.fruticosens</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		<i>subsp.mairei</i> (3)	Flavonoïdes
	<i>B.fruticosum</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes	CAUWET & CARBONNIER, 1976b	<i>B.atlanticum</i>	
	<i>B.gibraltaricum</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		<i>var.aiouense</i> (14)	Flavonoïdes
	<i>B.handiense</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		<i>var.algeriense</i> (11)	Flavonoïdes
	<i>B.komarovianum</i> (1)	Ac.cinnam., Flav.		<i>var.atlanticum</i> (7)	Flavonoïdes
	<i>B.lateriflorum</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes		<i>var.mairei</i> (3)	Flavonoïdes
	<i>B.longicaule</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes	CHOI BYUNGKII, 1975	<i>B.falcatum</i>	Polyines
	<i>B.longiradiatum</i>		CROWDEN & al., 1969	<i>B.affine</i>	Flavonoïdes
	<i>var.breviradiatum</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes		<i>B.angulosum</i>	Flavonoïdes
	<i>var.longiradiatum</i> (2)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes			
	<i>B.mesatlanticum</i> (7)	Ac.cinnam., Flav.			
	<i>B.montanum</i> (11)	Flavonoïdes			
	<i>B.mundtii</i> (1)	Stérols, Ac.cinnam., Flavonoïdes			

AUTEURS	TAXONS	SERIES	AUTEURS	TAXONS	SERIES
CROWDEN & al., 1969 (suite)	<u>B.dianthifolium</u>	Flavonoïdes	NAKABAYASHI & al., 1964	<u>B.falcatum</u>	
	<u>B.gibraltaricum</u>	Flavonoïdes		<u>var.komarovii</u>	Coumarines
	<u>B.preatum</u>	Flavonoïdes	NORIO & SHIBATA, 1966	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes
D'YAKONOV, 1960	<u>B.aureum</u>	Flavonoïdes	NORIO & al., 1968	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes
FOURMENT & ROUZET, 1960a	<u>B.plantagineum</u>	Flavonoïdes	PEYRON & ROUBEAUD, 1970	<u>B.fruticosum</u>	Alcools, Monoterps.
FOURMENT & ROUZET, 1960b	<u>B.plantagineum</u>	Flavonoïdes	PLOUVIER, 1967	<u>B.montanum</u>	Flavonoïdes
FRANCESCONI & SANNA, 1911	<u>B.fruticosum</u>	Monoterpènes		<u>B.ranunculoides</u>	
FRANCESCONI & SERNAGIOTTO, 1913	<u>B.fruticosum</u>	Alcools	RABATE, 1930	<u>var.gramineum</u>	Flavonoïdes
FRANCESCONI & SERNAGIOTTO, 1916	<u>B.fruticosum</u>	Monoterpènes	SHIBATA & al., 1965	<u>B.falcatum</u>	Flavonoïdes
GONZALEZ & al., 1975	<u>B.fruticoscens</u>	Coumarines, Lignanes	SHIBATA & al., 1966	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes
GOROVY, 1966	<u>B.euphorbioïdes</u>	Séries diverses		<u>B.longiradiatum</u>	Triterpènes
	<u>B.komarovianum</u>	Séries diverses	SHIBATA & al., 1966a	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes
	<u>B.scorzonerifolium</u>	Séries diverses	SHIMAOKA & al., 1975	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes
GOROVY & ULANOVA, 1968	<u>B.euphorbioïdes</u>	Flavonoïdes	SOBOLOVSKAYA & al., 1967	<u>B.bicaule</u>	Flavonoïdes
	<u>B.komarovianum</u>	Séries diverses		<u>B.martjanovii</u>	Flavonoïdes
	<u>B.longiradiatum</u>	Flavonoïdes		<u>B.multinerve</u>	Flavonoïdes
	<u>B.scorzonerifolium</u>	Flavonoïdes		<u>B.pusillum</u>	Flavonoïdes
	<u>B.sibiricum</u>	Flavonoïdes		<u>B.scorzonerifolium</u>	Flavonoïdes
HARBORNE & WILLIAMS, 1972	<u>B.aciphyllum</u>	Flavonoïdes	TAKEDA & al., 1953	<u>B.falcatum</u>	Flavonoïdes
HÖRHAMMER & al., 1958	<u>B.falcatum</u>	Flavonoïdes		<u>var.fuscum</u>	Stérols
ISHII & al., 1977	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes, Stérols	TAKEDA & KUBOTA, 1958	<u>B.falcatum</u>	Stérols
KARRER, 1958 (d'après)	<u>B.fruticosum</u>	Monoterpènes	TERUI & al., 1976	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes
KISSELIEVA & MINAEVA, 1968	<u>B.aureum</u>	Flavonoïdes	TOMIMATSU, 1969	<u>B.longiradiatum</u>	Sucre, Itols
KUBOTA & HINOH, 1966	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes	TOMIMATSU & al., 1972	<u>B.falcatum</u>	Stérols, Cétones
KUBOTA & al., 1967	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes	TORI & al., 1976	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes
KUBOTA & HINOH, 1967	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes	TORI & al., 1976a	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes
KUBOTA & TONAMI, 1967	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes	TROSHCHENKO & LIMASOVA, 1967	<u>B.aureum</u>	Triterpènes
KUBOTA & HINOH, 1968	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes		<u>B.multinerve</u>	Itols, Alcools, Cétones, Stérols, Flavonoïdes
KURONO & al., 1953	<u>B.falcatum</u>	Ac. éthyléniques	VALKONSKAYA, 1968	<u>B.bicaule</u>	Flavonoïdes
MINAEVA & VALKONSKAYA, 1964	<u>B.multinerve</u>	Sucre, Flavon.		<u>B.multinerve</u>	Flavonoïdes
MINAEVA & al., 1965	<u>B.aureum</u>	Flavonoïdes		<u>B.pusillum</u>	Flavonoïdes
	<u>B.bicaule</u>	Flavonoïdes		<u>B.scorzonerifolium</u>	Flavonoïdes
	<u>B.multinerve</u>	Flavonoïdes		<u>B.triradiatum</u>	Flavonoïdes
	<u>B.pusillum</u>	Flavonoïdes	VALUTSKAYA & MINAEVA, 1968	<u>B.aureum</u>	Flavonoïdes
	<u>B.scorzonerifolium</u>	Flavonoïdes	WESSELY & VANG, 1939	<u>B.falcatum</u>	Itols
MINAEVA & al., 1969	<u>B.aureum</u>	Flavonoïdes	YAMASAKI & al., 1977	<u>B.falcatum</u>	Triterpènes
NACASHI & TOMIMATSU, 1969	<u>B.chinense</u> (drogue à partir de...)	Stérols	ZAPROMETOV & al., 1972	<u>B.rotundifolium</u>	Flavonoïdes
	<u>B.falcatum</u>	Itols			

CATALOGUE DES SUBSTANCES

SUBSTANCE	SERIE	DISTRIBUTION CHEZ Bupleurum	SUBSTANCE	SERIE	DISTRIBUTION CHEZ Bupleurum
6"-O-Acetyl saikosaponine a (43)	Triterpènes	17	Isodiphylline (71)	Lignanes	20
23-O-Acetyl saikosaponine a (44)	id.	17	Isoquerçitrine (77)	Flavonoïdes	7-11-16-28-29-32-39 42-45-46-51
3"-O-Acetyl saikosaponine d (47)	id.	17	Isorhamnétine (75)	id.	1-3-5-6a-6b-6c-6d-7- 8b-9-10-11-12-14-16- 17-20a-25-27-28-28a-
6"-O-Acetyl saikosaponine d (48)	id.	17			28b-29-31-32-33-36- 38-39-40b-40c-42-44a- 46-47a-47b-48-51-51a- 53-54
Angélicine (70)	Coumarines	17a			
Anomaline (69)	id.	17	Isoscopolétine (66)	Coumarines	20
Bupleurol (25)	Monoterpènes	21	Kaempférol (73)	Flavonoïdes	4-11-21-32-39
Caféique (acide) (63)	Acides cinnam.	21	Kaempférol (rutinoside-3)(76)	id.	23
Camphène (26)	Monoterpènes	21	Limonène (30)	Monoterpènes	21
Chlorogénique (acide) (65)	Acides cinnam.	1-5-6a-6b-6c-6d-17- 19-21-23-24-25-26-27- 28a-28b-30-33-36-37- 40b-40c-41a-41b-43- 44a-44b-45-51a-53-54- 55-56-57.	Linoléique (acide)	Acide éthylén.	17
<u>ortho</u> -Coumarique (acide) (62)	id.	6b-20a-20b-21-40c-41a 53-54	Longispinogénine (50)	Triterpènes	17
<u>para</u> -Cymène (27)	Monoterpènes	21	Myrcène (31)	Monoterpènes	21
Déoxy-4 isodiphylline (72)	Lignanes	20	Narcissine (79)	Flavonoïdes	1-3-5-6a-6b-6c-6d-7- 8a-8b-9-10-11-12-14- 15-16-17-18-19-20a- 20b-21-23-24-25-26-
Dihydrocumrique (aldéhyde) (28)	Monoterpènes	21			27-28-28a-28b-29-30- 31-32-33-35a-35b-36- 37-38-39-40a-40b-40c- 41a-41b-42-43-44a-44b- 45-46-47a-47b-48-51- 51a-53-54-56-57
Estragol (29)	id.	21			
Falcarinone (18)	Acétyléniques	23-42			
Férulique (acide) (64)	Acides cinnam.	5-6a-6b-6c-6d-10-18- 21-26-30-33-44a-44b- 45-47a-47b-51a-55-56- 57	Nonacosanone-10 = ginnone (6)	Cétone	7-17-21-32
Formyl-3 triméthyl-2,4,4 cyclohexadiène-2,5 yl-1 (angélate de) (24)	Cyclohexadiènes	23	$\beta$ -Ocimène (32)	Monoterpènes	21-23
Formyl-3 triméthyl-4,4,6 cyclohexadiène-2,5 yl-1 (angélate de) (23)	id.	23	Pentadéca (diène-2 $\underline{c}$ ,9 $\underline{c}$ )	Acétyléniques	22-32-40-49
Glucose (1)	Sucres	32	diyne-4,6) al-1 (10)	id.	32-40-49
Heptadéca (diène-2 $\underline{c}$ ,9 $\underline{c}$ ) diyne-4,6) ol-1 (19)	Acétyléniques	32-40-49	Pentadéca (diène-2 $\underline{c}$ ,9 $\underline{c}$ )	id.	17
Heptadéca (diène-8 $\underline{t}$ ,10 $\underline{t}$ ) diyne-4,6) ol-1 (20)	id.	22-42	diyne-4,6) ol-1 (11)	id.	
Heptadéca (triène-2 $\underline{t}$ ,8 $\underline{t}$ ,10 $\underline{t}$ ) diyne-4,6) ol-1 (21)	id.	22-32-40-42-49	Pentadéca (triène-2 $\underline{t}$ ,8 $\underline{t}$ ,10 $\underline{t}$ )	id.	22-40-49
Heptadéca (triène-2 $\underline{t}$ ,8 $\underline{t}$ ,10 $\underline{t}$ ) diyne-4,6) yl-1 (acétate de) (22)	id.	22-40-49	diyne-4,6) yl-1 (acétate) (15)	id.	
Hexacosanol-1 (5)	Alcool	7-32	Pétrosélinidique (acide) (8)	Acide éthylén.	17
Hexadéca (tétraène-6 $\underline{t}$ ,8 $\underline{t}$ ,12 $\underline{t}$ , 14 $\underline{t}$ yne-10) al-1 (16)	Acétyléniques	23	Pétrosélinique (acide) (9)	id.	17
Hexadéca (tétraène-6 $\underline{t}$ ,8 $\underline{t}$ ,12 $\underline{t}$ ) 14 $\underline{t}$ yne-10) ol-1 (17)	id.	23	$\beta$ -Phellandrène (33)	Monoterpènes	21
			$\beta$ -Pinène (34)	id.	21
			Quercétine (74)	Flavonoïdes	1-2-3-5-6a-6b-6c-6d- 7-8a-8b-9-10-11-12- 14-15-16-17-18-19- 20a-20b-21-23-24-25- 26-27-28-28a-28b-29- 30-31-32-33-35a-35b-

SUBSTANCE	SERIE	DISTRIBUTION CHEZ Bupleurum	SUBSTANCE	SERIE	DISTRIBUTION CHEZ Bupleurum
Quercétine (suite)		36-37-38-39-40b-40c- 41a-41b-42-43-44a- 44b-45-46-47a-47b- 48-51-51a-52-53-54- 55-56-57	Saikosaponine b <sub>1</sub> (52) Saikosaponine b <sub>2</sub> (53) Saikosaponine b <sub>3</sub> (54) Saikosaponine b <sub>4</sub> (55) Saikosaponine c (49) Saikosaponine d (46)	Triterpènes id. id. id. id. id.	17 17 17 17 17 17
Rhamnose (2)	Sucre	32	Saikosaponine e (45)	id.	17
Ribitol (4)	Itols	6a-7-17-32	Saikosaponine f (51)	id.	17
Rutine (78)	Flavonoïdes	1-2-3-4-5-6a-6b-6c- 6d-7-8a-8b-9-10-11- 12-14-15-16-17-18-19- 20a-20b-21-23-24-25- 26-27-28-28a-28b-29- 30-31-32-33-35a-35b- 36-37-38-39-40b-40c- 41a-41b-42-43-44a-44b 45-47a-47b-48-50-51- 51a-52-53-54-55-56-57	Scoparone (68) $\beta$ -Sitostérol (59) $\alpha$ -Spinastérol (60) $\alpha$ -Spinastéryl $\beta$ -D-glucopyranoside (61) $\Delta_7$ -Stigmastérol (56) $\Delta_{22}$ -Stigmastérol (57) Stigmastérol (58)	Coumarines Stérols id. id. id. id. id.	20 17 7-13-17-28-37-40c-43- 45-47a-47b 17 17 17-21-26-27-28a-28b- 33-41b-45-52-54-55-57
Saccharose (3)	Sucre	28	Terpinène-4 ol (35) $\alpha$ -Terpinéol (36) Thujone (ou Thujol) (37) Triméthoxy-6,7,8 coumarine	Monoterpènes id. id. id.	21 21 21 20
Saikogénine A (38)	Triterpènes	17-28-34-51			
Saikogénine E (39)	id.	17-28-34-51			
Saikogénine F (40)	id.	17-28-34-51			
Saikogénine G (41)	id.	17			
Saikosaponine a (42)	id.	17	(68)		

COMPOSITION CHIMIQUE DES TAXONS ETUDES JUSQU'ICI DANS LE GENRE BUPLEURUM L. ET DANS QUELQUES GENRES VOISINS.

ESPECE	SERIE	SUBSTANCE	REFERENCE	ORGANE
<b>GENRE BUPLEURUM</b>				
<u>B.aciphyllum</u> Bark.- Webb & Berth. voir <u>B.salicifolium</u> Soland. var. <u>aciphyllum</u> .				
1 - <u>B.acutifolium</u> Boiss.	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
2 - <u>B.affine</u> Sadl.	Flavonoïdes	Quercétine (74)	CROWDEN & al., 1969	Feuille
		Rutine (78)	BANDYUKOVA, 1972	Feuille
3 - <u>B.album</u> Maire	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
4 - <u>B.angulosum</u> L.	Flavonoïdes	Kaempférol (73)	CROWDEN & al., 1969	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
5 - <u>B.antonii</u> Maire	Ac.cinnamiques	Ac.férule (64)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
6 - <u>B.atlanticum</u> Murb.				
6a. <u>subsp. aliciense</u> Cauwet & Carbonnier	Itols	Ribitol (4)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.férule (64)	id.	Feuille
		Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	CAUWET & CARBONNIER, 1976b	Feuille
		Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	CAUWET & CARBONNIER, 1976b	Feuille
		Rutine (78)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
			CAUWET & CARBONNIER, 1976b	Feuille
			CAUWET-MARC, 1976	Feuille
6b. <u>subsp. algeriense</u> Cauwet & Carbonnier	Ac.cinnamiques	Ac.o-coumarique (62)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Ac.férule (64)	id.	Feuille
		Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	CAUWET & CARBONNIER, 1976b	Feuille
		Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
6c. <u>subsp. atlanticum</u>	Ac.cinnamiques	Ac.férule (64)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	CAUWET & CARBONNIER, 1976b	Feuille
		Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
6d. <u>subsp. mairei</u> (Panel. & Vindt) Cauwet & Carbonnier comb.nov.	Ac.cinnamiques	Ac.férule (64)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	CAUWET & CARBONNIER, 1976a,b	Feuille
		Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	CAUWET & CARBONNIER, 1976a,b	Feuille
		Rutine (78)	CAUWET-MARC, 1976a,b	Feuille
			CAUWET & CARBONNIER, 1976a,b	Feuille
			CAUWET-MARC, 1976	Feuille
			CAUWET & CARBONNIER, 1976a,b	Feuille
7 - <u>B.aureum</u> Fisch.	Itols	Ribitol (4)	TROSHCHENKO & LIMASOVA, 1967	Part.aérienne
	Alcool	Hexacosanol-1 (5)	id.	Part.aérienne
	Cétones	Nonacosanone-10 (6)	id.	Part.aérienne
	Flavonoïdes	Isoquercitrine (77)	MINAEVA & al., 1965	Fleur,fruit
		Isorhamnétine (75)	id.	Rac.,Feuille,Fleur,Fr.
		Narcissine (79)	TROSHCHENKO & LIMASOVA, 1967	Feuille
			KISSELIEVA & MINAEVA, 1968	Feuille
			VALUTSKAYA & MINAEVA, 1968	Feuille
			MINAEVA & al., 1969	Feuille
			MINAEVA & al., 1965	Rac.,Feuille,Fleur,Fr.
			TROSHCHENKO & LIMASOVA, 1967	Feuille
			KISSELIEVA & MINAEVA, 1968	Feuille
			VALUTSKAYA & MINAEVA, 1968	Feuille
			MINAEVA & al., 1969	Feuille

ESPECE	SERIE	SUBSTANCE	REFERENCE	ORGANE
<b>GENRE BUPLEURUM (suite)</b>				
<u>B.aureum</u> (suite)	Flavonoides (suite)	Quercétine (74)	MINAEVA & al., 1965 TROSHCHENKO & LIMASOVA, 1967 KISSELIEVA & MINAEVA, 1968 VALUTSKAYA & MINAEVA, 1968 MINAEVA & al., 1969 D'YAKONOV, 1960 MINAEVA & al., 1965 MINAEVA & al., 1965	Rac., Feuille, Fleur, Fr. Feuille Feuille Feuille Feuille Feuille Feuille, Fleur, Fruit Feuille Feuille Feuille Feuille Feuille
		Rutine (78)	TROSHCHENKO & LIMASOVA, 1967 KISSELIEVA & MINAEVA, 1968 VALUTSKAYA & MINAEVA, 1968 MINAEVA & al., 1969	Feuille Feuille Feuille Feuille
8 - <u>B.balansae</u> Boiss. & Reut.	Flavonoides	Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
8a. <u>var. balansae</u>	Flavonoides	Isorhamnétine (75)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
8b. <u>var. longiradiatum</u> Faure & Maire	Flavonoides	Isorhamnétine (75)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
9 - <u>B.barceloi</u> Cosson	Flavonoides	Isorhamnétine (75)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
10 - <u>B.benoistii</u> Lit. & Maire	Ac.cinnamiques	Ac.férulique (64)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoides	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
11 - <u>B.bicaule</u> Helm.	Flavonoides	Isoquercitrine (77)	MINAEVA & al., 1965	Tige, Feuille, Fleur, Fr.
		Isorhamnétine (75)	SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Tige, Feuille, Fleur, Fr.
		Kaempférol (73)	MINAEVA & al., 1965	Tige, Feuille, Fleur
		Narcissine (79)	SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Tige, Feuille, Fleur
		Quercétine (74)	VALKONSKAYA, 1968	Racine
		Rutine (78)	MINAEVA & al., 1965	Tige, Feuille, Fleur, Fr.
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Tige, Feuille, Fleur, Fr.
12 - <u>B.canescens</u> Schousb.	Flavonoides	Isorhamnétine (75)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
13 - <u>B.chinense</u> Franch.	Stérols	α-Spinastérol (60)	NAGASHI & TOMIMATSU, 1969	Drogue à partir de...
14 - <u>B.dianthifolium</u> Guss.	Flavonoides	Isorhamnétine (75)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	CROWDEN & al., 1969	Feuille
			CAUWET-MARC, 1976	Feuille
15 - <u>B.dumosum</u> Coss.	Flavonoides	Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
16 - <u>B.euphorbioides</u> Nakai	Flavonoides	Isoquercitrine (77)	GOROVY & ULANOVA, 1968	Feuille
		Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
17 - <u>B.falcatum</u> L.	Itols	Ribitol (4)	WESSELY & WANG, 1939 NAGASHI & TOMIMATSU, 1969	Racine Racine
	Cétones	Nonacosanone-10 (6)	TOMIMATSU & al., 1972	Racine
	Ac.éthyléniques	Ac.linoléique (7)	KURONO & SAKAI, 1953	Fruit
		Ac.pétrósélinique (8)	id.	Fruit
		Ac.pétrósélinique (9)	id.	Fruit
	Polyines	Acétate de pentadéca (diène-2c, 9c diyne-4,6) yl-1 (12)	CHOI BYUNGKII, 1975	Feuille

ESPECE	SERIE	SUBSTANCE	REFERENCE	ORGANE
<u>B.falcatum</u> (suite)	Triterpènes	Saikogénine A <sup>1</sup> (38)	KUBOTA & al., 1967	Racine
		Saikogénine B <sup>1,2</sup>	SHIBATA & al., 1965, 66, 66a	Racine
		Saikogénine C <sup>1,2</sup>	KUBOTA & TONAMI, 1967	Racine
		Saikogénine D <sup>1,2</sup>	KUBOTA & al., 1967	Racine
		Saikogénine E <sup>1</sup> (39)	id.	Racine
		Saikogénine F <sup>1</sup> (40)	NORIO & SHIBATA, 1966	Racine
		Saikogénine G <sup>1</sup> (41)	NORIO & al., 1968	Racine
		Saikosaponine a <sup>2</sup> (42)	KUBOTA & HINOH, 1967	Racine
		Saikosaponine b <sub>1</sub> <sup>4</sup> (52)	ISHII & al., 1977	Racine
		Saikosaponine e <sup>2</sup> (53)	TORI & al., 1976, 1976a	Racine
		Saikosaponine b <sub>2</sub> <sup>4</sup> (54)	SHIMAOKA & al., 1975	Racine
		b <sub>3</sub> <sup>4</sup> (55)	id.	Racine
		Saikosaponine c <sup>4</sup> (49)	TORI & al., 1976, 1976a	Racine
		Saikosaponine d <sup>4</sup> (46)	id.	Racine
		Saikosaponine e <sup>4</sup> (45)	ISHII & al., 1977	Racine
		Saikosaponine f <sup>4</sup> (51)	TORI & al., 1976, 1976a	Racine
		6"-O-acétylsaikosaponine a <sup>4</sup> (43)	ISHII & al., 1977	Racine
		23-O-acétylsaikosaponine a <sup>4</sup> (44)	id.	Racine
		6"-O-acétylsaikosaponine b <sup>3</sup> <sub>4</sub> (45)	id.	Racine
		3"-O-acétylsaikosaponine d <sup>4</sup> (47)	id.	Racine
		6"-O-acétylsaikosaponine d <sup>4</sup> (48)	YAMASAKI & al., 1977	Racine
		Longispinogénine (50)	ISHII & al., 1977	Racine
	Stérols	$\beta$ -Sitostérol (59)	KUBOTA & TONAMI, 1967	Racine
		$\alpha$ -Spinastérol (60)	TOMIMATSU & al., 1972	Feuille
		$\alpha$ -Spinastérol (61)	TAKEDA & al., 1953	Racine
		$\Delta_7$ -Stigmastérol (56)	TOMIMATSU & al., 1972	Feuille
		$\Delta_{22}$ -Stigmastérol (57)	CAUWET-MARC, 1976	Racine
		Stigmastérol (58)	ISHII & al., 1977	Racine
	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Coumarines	(-) Anomaline (69)	BANERJI & al., 1977	-
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	HÖRHAMMER & al., 1958	Feuille, Fleur
		Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	.. id.	Feuille
		Rutine (78)	HÖRHAMMER & al., 1958	Feuille, Fleur
			CAUWET-MARC, 1976	Feuille
			.. id.	Feuille
17a.var. <u>komarovii</u> K.-Pol.	Coumarines	Angélicine (70)	CAUWET-MARC, 1976	Racine
18 - <u>B.faurellii</u> Maire	Ac.cinnamiques	Ac.férule (64)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	.. id.	Feuille
		Rutine (78)	.. id.	Feuille
19 - <u>B.foliosum</u> Salzm.	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79)	.. id.	Feuille
		Quercétine (74)	.. id.	Feuille
		Rutine (78)	.. id.	Feuille
20 - <u>B.fruticescens</u> L.	Coumarines	Iososcopéline (66)	GONZALEZ & al., 1975	Part.aérienne
		Scoparone (67)	.. id.	Part.aérienne
		Triméthoxy-6,7,8 coumarine (68)	.. id.	Part.aérienne
	Lignanes	Isodypyphilline (71)	.. id.	Part.aérienne
		Deoxyisodypyphilline (72)	.. id.	Part.aérienne
.20a.var. <u>eliatus</u> Lange	Ac.cinnamiques	Ac. $\alpha$ -coumarique (62)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	.. id.	Feuille
		Narcissine (79)	.. id.	Feuille
		Quercétine (74)	.. id.	Feuille
		Rutine (78)	.. id.	Feuille
20b.var. <u>fruticescens</u>	Ac.cinnamiques	Ac. $\alpha$ -coumarique (62)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79)	.. id.	Feuille
		Quercétine (74)	.. id.	Feuille
		Rutine (78)	.. id.	Feuille

<sup>1</sup> - Les saikogénines sont obtenues par hydrolyse des saikosides et n'existent pas à l'état libre dans la plante.

<sup>2</sup> - Artefacts selon KUBOTA & HINOH, 1967.

<sup>3</sup> - Artefacts selon SHIMAOKA & al., 1975

<sup>4</sup> - Artefacts selon OTSUKA & al., 1978

ESPECE	SERIE	SUBSTANCE	REFERENCE	ORGANE
21 - <i>B.fruticosum</i> L.	Cétones	Nonacosanone-10 (6)	CAUWET-MARC, 1976	Fruit
	Monoterpènes	Bupleurol (25)	FRANCESCONI & SERNAGIOTTO, 1913	Plante entière
		Camphène (26)	PEYRON & ROUDEAUD, 1970	Fleur
		Aldehyde dihydrocuminique (28)	PEYRON & ROUDEAUD, 1970	Fleur
		Estragol (29)	FRANCESCONI & SANNI, 1911	Plante entière
		Limonène (30)	FRANCESCONI & SERNAGIOTTO, 1916	Plante entière
		Myrcène (31)	PEYRON & ROUDEAUD, 1970	Fleur
		β-Ocimène (32)	id.	Fleur
		β-Phellandrène <sup>1</sup> (33)	c.f. KARRER, 1958	-
		β-Pinène <sup>1</sup> (34)	PEYRON & ROUDEAUD, 1970	Fleur
		α-Terpénol (36)	id.	Fleur
		Terpinène-4 ol (35)	id.	Fleur
		Thujone (37)	id.	Fleur
	Stérols	Stigmastérol (58)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.caféique (63)	BATE-SMITH, 1962	Feuille
		Ac.o-coumarinique (62)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Ac.Féruleque (64)	BATE-SMITH, 1962	Feuille
		Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Kaempférol (73)	BATE-SMITH, 1962	Feuille
			CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
22 - <i>B.gerardii</i> All.	Polyines	Heptadéca(diène-8 <sub>l</sub> ,10 <sub>l</sub> diyne-4,6) BOHLMANN, 1971	Racine	
		ol-1 (20)		
		Heptadéca(triène-2 <sub>l</sub> ,8 <sub>l</sub> ,10 <sub>l</sub> diyne-4,6) ol-1 (21) BOHLMANN & al., 1971	Racine	
		Acétate d'heptadéca(triène-2 <sub>l</sub> ,8 <sub>l</sub> ,10 <sub>l</sub> diyne-4,6) yl-1 (22)	id.	Part.aérienne
		Pentadéca(diène-2 <sub>l</sub> ,9 <sub>l</sub> diyne-4,6)	id.	Racine
		Acétate de pentadéca(triène-2 <sub>l</sub> ,8 <sub>l</sub> ,10 <sub>l</sub> diyne-4,6) yl-1 (15)	id.	Part.aérienne
23 - <i>B.gibraltaricum</i> Lam.	Polyines	Falcarinone (18)	BOHLMANN & al., 1975	Racine
		Hexadéca(tétrâène-6 <sub>l</sub> ,8 <sub>l</sub> ,12 <sub>l</sub> ,14 <sub>l</sub> yne-10) ol-1 (16)	id.	Part.aérienne
		Hexadéca(tétrâène-6 <sub>l</sub> ,8 <sub>l</sub> ,12 <sub>l</sub> ,14 <sub>l</sub> yne-10) ol-1 (17)	id.	Part.aérienne
	Cyclohexadiènes	Angélate de formyl-3 triméthyl-4,4,6 cyclohexadiène-2,5 yl-1 (23)	id.	Part.aérienne
		Angélate de formyl-3 triméthyl-2,4,4 cyclohexadiène-2,5 yl-1 (24)	id.	Part.aérienne
	Monoterpènes	cis-β-Ocimène (32)	id.	Part.aérienne
		trans-β-Ocimène (32)	id.	Part.aérienne
	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Rutinoside-3 kaempférol (76)	CROWDER & al., 1969	Feuille
		Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
24 - <i>B.handiense</i> (Bolle) Sünd	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
25 - <i>B.komarovianum</i> Lincz.	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
26 - <i>B.lateriflorum</i> Coss.	Stérols	Stigmastérol (58)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
		Ac.Féruleque (64)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
27 - <i>B.longicaule</i> Wall.	Stérols	Stigmastérol (58)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille

<sup>1</sup> - Le β-phellandrène est présent dans les populations provenant de Sardaigne ; il est remplacé par le β-pinène dans les populations provençales (PEYRON & ROUDEAUD, 1970).

ESPECE	SERIE	SUBSTANCE	REFERENCE	ORGANE
28 - <u>B.longiradiatum</u> Turcz.	SucreS	Saccharose (3)	TOMIMATSU, 1969	
	Stérols	$\alpha$ -Spinastérol (60)	id.	Racine
	Triterpènes	Saikogénine A (38)	SHIBATA & al., 1966	Racine
		Saikogénine E (39)	id.	Racine
		Saikogénine F (40)	id.	Racine
	Flavonoïdes	Isoquerçitrine (77)	GOROVY & ULANOVA, 1968	Feuille
		Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
28a. var. <u>breviradiatum</u> Schmidt	Stérols	Stigmastérol (58)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
28b. var. <u>longiradiatum</u>	Stérols	$\alpha$ -Spinastérol (60)	id.	Feuille
		Stigmastérol (58)	id.	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
29 - <u>B.martjanovii</u> Krylov	Flavonoïdes	Isoquerçitrine (77)	SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Tige,Fleur,Fruit
		Isorhamnétine (75)	id.	Racine,Feuille
		Narcissine (79)	id.	Tige,Fleur,Fruit
		Quercétine (74)	id.	Racine,Feuille
		Rutine (78)	id.	Racine,Feuille
30 - <u>B.mesatlanticum</u> Maire	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Ac.férulique (64)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
31 - <u>B.montanum</u> Coss.	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	PLLOUVIER, 1967	Feuille
			CAUWET-MARC, 1976	Feuille
32 - <u>B.multinerve</u> DC.	SucreS	Glucose (1)	MINAEVA & VALKONSKAYA, 1964	-
		Rhamnose (2)	id.	-
	Itols	Ribitol (4)	TROSHCHENKO & LIMASOVA, 1967	-
	Alcools	Hexacosanol-1 (5)	id.	-
	CétoneS	Nonacosanone-10 (6)	id.	-
	PolyineS	Heptadéca (diène-2 $\omega$ ,9 $\omega$ diyne-4,6) BOHLMANN & al., 1971	MINAEVA & VALKONSKAYA, 1964	Racine
		ol-1 (19)	id.	-
		Heptadéca (triène-2 $\omega$ ,8 $\omega$ ,10 $\omega$ diyne-4,6) ol-1 (21)	id.	Racine
		Pentadéca (diène-2 $\omega$ ,9 $\omega$ diyne-4,6) ol-1 (10)	id.	Racine
		Pentadéca (diène-2 $\omega$ ,9 $\omega$ diyne-4,6) ol-1 (11)	id.	Racine
		Pentadéca (triène-2 $\omega$ ,8 $\omega$ ,10 $\omega$ diyne-4,6) ol-1 (13)	id.	Racine
		Pentadéca (triène-2 $\omega$ ,8 $\omega$ ,10 $\omega$ diyne-4,6) ol-1 (14)	id.	Racine
	Flavonoïdes	Isoquerçitrine (77)	MINAEVA & VALKONSKAYA, 1964	Part.aérienne,Fleur
			MINAEVA & al., 1965	Rac.,Tige,Feuille,Fl.,Fr.
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Rac.,Tige,Feuille,Fl.,Fr.
		Isorhamnétine (75)	VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne,Fleur
			MINAEVA & VALKONSKAYA, 1964	Part.aérienne
			MINAEVA & al., 1965	Part.aérienne
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Rac.,Tige,Feuille,Fl.,Fr.
		Kaempférol (73)	VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne
			MINAEVA & VALKONSKAYA, 1964	Part.aérienne
			MINAEVA & al., 1965	Part.aérienne
			VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne
		Narcissine (79)	MINAEVA & VALKONSKAYA, 1964	Part.aérienne
			MINAEVA & al., 1965	Part.aérienne
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Rac.,Tige,Feuille,Fl.,Fr.
			VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne
		Quercétine (74)	MINAEVA & VALKONSKAYA, 1964	Part.aérienne
			MINAEVA & al., 1965	Part.aérienne
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Rac.,Tige,Feuille,Fl.,Fr.
		Rutine (78)	VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne
			MINAEVA & al., 1965	Part.aérienne
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Rac.,Tige,Feuille,Fl.,Fr.
			VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne

ESPECIE	SERIE	SUBSTANCE	REFERENCE	ORGANE
33 - <u>B.mundtii</u> Cham. & Schlecht.	Stérols	Stigmastérol (58)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.férulique (64)	id.	Feuille
		Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
34 - <u>B.nipponicum</u> K.-Pol.	Triterpènes	Saikogénine A (38)	SHIBATA & al., 1966	Racine
		Saikogénine E (39)	id.	Racine
		Saikogénine F (40)	id.	Racine
35 - <u>B.oligactis</u> Boiss.				
35a.var. <u>choulettei</u> Pомel	Flavonoïdes	Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
35b.var. <u>oligactis</u>	Flavonoïdes	Narcissine (79)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
36 - <u>B.olympicum</u> Boiss.	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
37 - <u>B.petiolare</u> Lap.	Stérols	$\alpha$ -Spinastérol (60)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
38 - <u>B.plantagineum</u> Desf.	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	FOURMENT & ROUZET, 1960a,b	Feuille
		Rutine (78)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
			id.	Feuille
39 - <u>B.pusillum</u> Krylov	Flavonoïdes	Isoquerçitrine (77)	MINAEVA & VALKONSKAYA, 1964	Tige,Feuille,Fleur
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Tige
		Iisorhamnétine (75)	VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne,Tige
			MINAEVA & al., 1965	Part.aérienne
		Kaempférol (73)	SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Tige,Feuille,Fleur
		Narcissine (79)	VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne
			VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne
		Quercétine (74)	MINAEVA & al., 1965	Tige,Feuille,Fleur,Part.aérienne
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Tige,Feuille,Fleur
		Rutine (78)	VALKONSKAYA, 1968	Part.aérienne
			MINAEVA & al., 1965	Fleur
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Racine,Tige,Feuille
			VALKONSKAYA, 1968	Fruit
			MINAEVA & al., 1965	Rac.,Tige,Feuille,Fl.,Fr.
			SOBOLOVSKAYA & al., 1967	Racine,Tige,Feuille,Fleur
			VALKONSKAYA, 1968	Rac.,Tige,Feuille,Fl.,Fr.
40 - <u>B.ranunculoides</u> L.	Polyines	Heptadéca (diène-2c,9c diyne-4,6)	BOHLMANN & al., 1971	Racine
		ol-1 (19)		
		Heptadéca (triène-2t,8t,10t diyne-4,6)	id.	Racine
		ol-1 (21)		
		Acétate d'heptadéca (triène-2t,8t,10t diyne-4,6) yl-1 (22)	id.	Partie aérienne
		Pentadéca (diène-2c,9c diyne-4,6)	id.	Racine
		al-1 (10)		
		Pentadéca (diène-2c,9c diyne-4,6)	id.	Racine
		ol-1 (12)		
		Pentadéca (triène-2t,8t,10t diyne-4,6) al-1 (13)	id.	Racine
		Pentadéca (triène-2t,8t,10t diyne-4,6) ol-1 (14)	id.	Racine
		Acétate de pentadéca (triène-2t,8t,10t diyne-4,6) yl-1 (15)	id.	Racine,Part.aérienne
40a.var. <u>gramineum</u> (Vill.) Lap.	Flavonoïdes	Narcissine (79)	PLLOUVIER, 1967	Tige,Feuille
40b.var. <u>ranunculoides</u>	Ac.cinnamiques	Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille
40c.var. <u>felonense</u> Codr.	Stérols	$\alpha$ -Spinastérol (60)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.o-coumarique (62)	id.	Feuille
		Ac.chlorogénique (65)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75)	id.	Feuille
		Narcissine (79)	id.	Feuille
		Quercétine (74)	id.	Feuille
		Rutine (78)	id.	Feuille



ESPECE	SERIE	SUBSTANCE	REFERENCE	ORGANE
47a. <u>B. spinosum</u> Gouan <u>var. mauritanicum</u> (suite)	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75) Narcissine (79) Quercétine (74) Rutine (78)	CAUWET-MARC, 1976 id. id. id.	Feuille Feuille Feuille Feuille
47b. <u>var. spinosum</u>	Stérols	α-Spinastérol (60)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.férule (64)	id.	Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75) Narcissine (79) Quercétine (74) Rutine (78)	id. id. id. id.	Feuille Feuille Feuille Feuille
48 - <u>B. subspinosum</u> Maire & Weiller	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75) Narcissine (79) Quercétine (74) Rutine (78)	CAUWET-MARC, 1976 id. id. id.	Feuille Feuille Feuille Feuille
49 - <u>B. tenuissimum</u> L.	Polyines	Heptadéca (diène-2 <sub>c</sub> ,9 <sub>c</sub> diyne-4,6) BOHLMANN & al., 1971 ol-1 (19) Heptadéca (triène-2 <sub>c</sub> ,8 <sub>c</sub> ,10 <sub>c</sub> diyne-4,6) ol-1 (21) Acétate d'heptadéca (triène-2 <sub>c</sub> ,8 <sub>c</sub> ,10 <sub>c</sub> diyne-4,6) yl-1 (22) Pentadéca (diène-2 <sub>c</sub> ,9 <sub>c</sub> diyne-4,6) al-1 (10) Pentadéca (diène-2 <sub>c</sub> ,9 <sub>c</sub> diyne-4,6) ol-1 (11) Pentadéca (triène-2 <sub>c</sub> ,8 <sub>c</sub> ,10 <sub>c</sub> diyne-4,6) ol-1 (14) Acétate de pentadéca (triène-2 <sub>c</sub> ,8 <sub>c</sub> ,10 <sub>c</sub> diyne-4,6) yl-1 (15)	id. id. id. id. id. id. id.	Racine Racine Partie aérienne Racine Racine Racine Partie aérienne
50 - <u>B. tschimganicum</u> Freyn.	Flavonoïdes	Rutine (78)	ARTEM'VA & NIKONOV, 1971	Feuille
51 - <u>B. triradiatum</u> Adams	Triterpènes	Saikogénine A (38) Saikogénine E (39) Saikogénine F (40)	SHIBATA & al., 1966 id. id.	Racine Racine Racine
	Flavonoïdes	Isoquercitrine (77) Isorhamnétine (75) Narcissine (79) Quercétine (74) Rutine (78)	SOBOLOVSKAYA & al., 1967 SOBOLOVSKAYA, 1968 SOBOLOVSKAYA & al., 1967 SOBOLOVSKAYA & al., 1967 SOBOLOVSKAYA & al., 1967 SOBOLOVSKAYA, 1968 SOBOLOVSKAYA & al., 1967 SOBOLOVSKAYA & al., 1967 VALKONSKAYA, 1968 VALKONSKAYA, 1968 VALKONSKAYA, 1968 VALKONSKAYA, 1968	Tige,Feuille,Fleur,Fruit Partie aérienne Racine,Tige,Feuille,Fleur Racine,Part.aérienne Tige,Feuille,Fleur Partie aérienne Racine,Tige,Feuille,Fleur Racine,Part.aérienne Rac.,Tige,Feuille,Fleur,F. Racine
51a. <u>var. triradiatum</u> Rupr.	Ac.cinnamiques	Ac.férule (64) Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976 id.	Feuille Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75) Narcissine (79) Quercétine (74) Rutine (78)	id. id. id. id.	Feuille Feuille Feuille Feuille
<hr/> GENRE HERMAS <hr/>				
52 - <u>H. quinquedentata</u> L.fils	Stérols	Stigmastérol (58)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Flavonoïdes	Quercétine (74) Rutine (78)	id. id.	Feuille Feuille
<hr/> GENRE HETEROMORPHA <hr/>				
53 - <u>H. glauca</u> Engl.	Ac.cinnamiques	Ac.o-coumarique (62) Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976 id.	Feuille Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75) Narcissine (79) Quercétine (74) Rutine (78)	id. id. id. id.	Feuille Feuille Feuille Feuille
54 - <u>H. trifoliata</u> Zckl. & Zeyh.	Stérols	Stigmastérol (58)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.o-coumarique (62) Ac.chlorogénique (65)	id. id.	Feuille Feuille
	Flavonoïdes	Isorhamnétine (75) Narcissine (79) Quercétine (74) Rutine (78)	id. id. id. id.	Feuille Feuille Feuille Feuille

ESPECIE	SERIE	SUBSTANCE	REFERENCE	ORGANE
---------	-------	-----------	-----------	--------

GENRE NIRARATHAMNUS

55 - <i>N.asarifolius</i> Balf.	Stérols	Stigmastérol (58)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.férulique (64) Ac.chlorogénique (65)	id. id.	Feuille Feuille
	Flavonoïdes	Quercétine (74) Rutine (78)	id. id.	Feuille Feuille

GENRE RHYTICARPUS

56 - <i>R.difformis</i> Benth. & Hook.	Ac.cinnamiques	Ac.férulique (64) Ac.chlorogénique (65)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79) Quercétine (74) Rutine (78)	id. id. id.	Feuille Feuille Feuille
57 - <i>R.ecklonis</i> Sond.	Stérols	Stigmastérol (58)	CAUWET-MARC, 1976	Feuille
	Ac.cinnamiques	Ac.férulique (64) Ac.chlorogénique (65)	id. id.	Feuille Feuille
	Flavonoïdes	Narcissine (79) Quercétine (74) Rutine (78)	id. id. id.	Feuille Feuille Feuille

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKAHORI, A., K. KAGAWA et A. SHIMAOKA, 1975. — *Shoyakugaku Zasshi*, **29** : 99.
- ANDERSON, R. J., et R. L. SHRINER, 1926. — *J. Amer. chem. Soc.*, **48** : 2976.
- ARTEM'eva, M. V., et G. K. NIKONOV, 1971. — *Khim. Prir. soedin.*, n° 5 : 666.
- ATTREE, G. F., et A. G. PERKIN, 1927. — *J. chem. Soc.*, **131** : 234.
- AVERY, J., W. N. HAWORTH, et E. L. HIRST, 1927. — *J. chem. Soc.*, **131** : 238.
- BANDYUKOVA, V. A., 1972. — *Rastit. Res.*, **8** : 436.
- BANERJI, J., R. N. REJ, et K. L. HANDA, 1977. — *Indian J. chem.*, **15** : 293.
- BARTON, D. H. R., et C. J. W. BROOKS, 1950. — *J. Amer. chem. Soc.*, **72** : 1633.
- BASSIRI, T., 1956. — *Parfums, Cosmét., Savons*, **123** : 17.
- BATE-SMITH, E. C., 1962. — *J. Linn. Soc. (Bot.)*, **58** : 95.
- 1968. — *J. Linn. Soc. (Bot.)*, **60** : 325.
- BERNSTEIN, S., et E. S. WALLIS, 1937. — *J. org. Chem.*, **2** : 341.
- BERTHELOT, M., 1859. — *Ann. Chem.*, **110** : 367.
- BOHLMANN, F., 1971. — In : V. H. HEYWOOD, The Biology and Chemistry of the Umbelliferae. Academic Press Ed. London. Suppl. I, Bot., *J. Linn. Soc.*, **64** : 279.
- BOHLMANN, F., C. ARNDT, H. BORNOWSKI, et K. M. KLEINE, 1961. — *Chem. Ber.*, **94** : 958.
- BOHLMANN, F., et K. M. RODE, 1968. — *Chem. Ber.*, **101** : 525.
- BOHLMANN, F., C. ZDERO, 1971. — *Chem. Ber.*, **104** : 961.
- BOHLMANN, F., C. ZDERO, et M. GRENZ, 1975. — *Chem. Ber.*, **108** : 2822.
- BOHLMANN, F., C. ZDERO, et W. THEFELD, 1971. — *Chem. Ber.*, **104** : 2030.
- BUCHNER, L. A., 1842. — *Ann. Chem.*, **42** : 226.
- CARBONNIER, J., O. FATIANOFF et D. MOLHO, 1978. — Actes 2<sup>e</sup> Symp. internation. Ombellifères, Perpignan, 1977, A. M. CAUWET-MARC et J. CARBONNIER Éd. : 387.
- CAUWET, A.-M., 1970. — Thèse Doct. 3<sup>e</sup> Cycle, Montpellier, 166 p.
- 1971. — The Biology and Chemistry of Umbelliferae. Suppl. I, Bot., *J. Linn. Soc.*, **64** : 257.
- 1976. — Thèse Doct., Perpignan, 848 p.
- CAUWET, A.-M., et J. CARBONNIER, 1976a. — *Candollea*, **31** : 17.
- CAUWET, A.-M., et J. CARBONNIER, 1976b. — *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.*, Alger, **66** : 5.
- CAUWET-MARC, A.-M., et J. CARBONNIER, 1978. — *J. Agron. trop. Bot. appl.*, **35** (1) : 51-60.
- CERCEAU-LARRIVAL, M.-T., 1962. — *Mém. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, sér. B (Bot.), **14** : 166 p.
- CHARAUX, C., 1924. — *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **178** : 1312.
- CHOI BYUNGKI, 1975. — *Yakhak Hoe Chi*, **19** : 16.
- COLLISON, D. L., et J. SMEDLEY-MACLEAN, 1931. — *Biochem. J.*, **25** : 606.
- CROWDEN, R. K., J. B. HARBORNE, et V. H. HEYWOOD, 1969. — *Phytochemistry*, **8** : 1963.
- DJERASSI, C., R. M. MAC DONALD et A. J. LEMIN, 1953. — *J. Amer. chem. Soc.*, **75** : 5940.
- DJERASSI, C., L. E. GELLER, et A. J. LEMIN, 1954. — *J. Amer. chem. Soc.*, **76** : 4089.
- DUMAS, M. J., 1833. — *Ann. Chem.*, **6** : 245.
- D'YAKONOVA, L. N., 1960. — *Aptechn. Delo*, **9** : 12.

- FERNHOLZ, E., 1933. — *Ann. Chem.*, **507** : 128.  
— 1934. — *Ann. Chem.*, **508** : 215.
- FERNHOLZ, E., et P. N. CHAKRAVORTY, 1934. — *Ber.*, **67** : 2021.
- FISCHER, E., 1891. — *Ber.*, **24** : 1836.
- FISCHER, E., et J. TAFEL, 1888. — *Ber.*, **21** : 2473.
- FISCHER, H. O. L., et G. DANGSHAT, 1932. — *Ber.*, **65** : 1037.
- FLORJA, V. N., 1969. — *Rastit. Res.*, **5** : 358.
- FLORJA, V. N., et G. A. KUZNETSOVA, 1970. — *Rastit. Res.*, **6** : 571.
- FOURMENT, P., et M. ROUZET, 1960a. — *Rev. gén. Bot.*, **67** : 250.
- FOURMENT, P., et M. ROUZET, 1960b. — *Bull. Soc. Pharm. Alger*, **1** : 85.
- FRANCESCONI, L., et G. SANNA, 1911a. — *Gazz. chim. ital.*, **41** : 395.
- FRANCESCONI, L., et G. SANNA, 1911b. — *Gazz. chim. ital.*, **41** : 796.
- FRANCESCONI, L., et E. SERNAGIOTTO, 1913. — *Gazz. chim. ital.*, **43** : 576.
- FRANCESCONI, L., et E. SERNAGIOTTO, 1916. — *Gazz. chim. ital.*, **46** : 119.
- FURUKAWA, S., 1932. — *Chem. ZentBl.*, **2** : 3901.
- GERHARDT, C., et A. CAHOURS, 1841. — *Ann. Chem.*, **38** : 67.
- GLADKIKH, A. S., I. A. GUBANOV, et A. A. MESCHERYAKOV, 1965. — *Izv. Akad. Nauk turkmen. SSR*, Ser. Biol. Nauk, **22** : 35.
- GOLDSOBEL, G., 1910. — *Chem. ZentBl.*, **1** : 1231.
- GONZALEZ, A. G., R. J. CARDONA, H. LOPEZ, J. M. MEDINA, et F. RODRIGUEZ-LUIS, 1976. — *Revta R. Acad. Cienc.*, **70** : 109.
- GONZALEZ, A. G., J. M. TRUJILLO, R. ESTEVEZ, et J. P. PEREZ, 1975. — *An. Quím.*, Madrid, **71** : 109.
- GOROVY, P. G., 1966. — Les Ombellifères (famille *Umbelliferae Moris*) du Primorié et du Préamourié. Revue systématique. Propagation géographique. Composition chimique qualitative (en russe). Éd. « Naouka », Moscou, 293 p.
- GOROVY, P. G., et K. P. ULANOVA, 1968. — Congrès sur la question de la mise en valeur des ressources végétales d'U.R.S.S. (en russe), Comm. p. 57, Novosibirsk.
- GOROVY, P. G., et P. K. ULANOVA, 1974. — *Rastit. Res.*, **10** : 244.
- GOROVY, P. G., P. K. ULANOVA, et N. S. PAVLOVA, 1973. — *Izv. sib. Otdel. Akad. Nauk, SSSR*, Ser. Biol. Nauk, (1) : 131.
- GRIMAUD, C., 1893. — *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **117** : 1089.
- HARBORNE, J. B., 1971. — In : V. H. HEYWOOD, The Biology and Chemistry of the Umbelliferae. Academic Press Ed. London. Suppl. I, Bot., *J. Linn. Soc.*, **64** : 293.
- HARBORNE, J. B., et L. KING, 1976. — *Biochem. System. Ecol.*, **4** : 111.
- HARBORNE, J. B., et C. A. WILLIAMS, 1972. — *Phytochemistry*, **11** : 1741.
- HATA, K., M. KOZAWA, et Y. IKESHIRO, 1966. — *Chem. pharm. Bull., Tokyo*, **14** : 94.
- HEGNAUER, R., 1971. — In : V. H. HEYWOOD, The Biology and Chemistry of Umbelliferae. Academic Press Ed. London. Suppl. I, Bot., *J. Linn. Soc.*, **64** : 267.
- 1973. — Chemotaxonomie der Pflanzen Umbelliferae, Vol. VI : 554-796, Birkhäuser Ed., Basel.
- 1978. — Actes 2<sup>e</sup> Symp. internation. Ombellifères, Perpignan, 1977 ; A.-M. CAUWET-MARC et J. CARBONNIER Éd. : 335.
- HERSTEIN, F., et S. von KOSTANEKI, 1899. — *Ber.*, **32** : 318.

- HEYL, F. W., E. C. WISSE, et J. H. SPEER, 1929. — *J. biol. Chem.*, **82** : 111.
- HLASIWETZ, H., 1867. — *Ann. Chem.*, **142** : 219.
- HLASIWETZ, H., et L. BARTH, 1866. — *Ann. Chem.*, **138** : 61.
- HLASIWETZ, H., et L. PFAUNDLER, 1863. — *Ann. Chem.*, **127** : 362.
- HÖRHAMMER, L., H. WAGNER, et H. GOTZ, 1958. — *Arch. Pharm.*, **291** : 44.
- HUKUTI, G., 1939. — *J. pharm. Soc. Japan*, **59** : 258.
- ICE, C. H., et S. H. WENDER, 1952. — *J. Amer. chem. Soc.*, **74** : 4606.
- IDLER, D. R., A. A. KANDUTSCH, et C. A. BAUMANN, 1953. — *J. Amer. chem. Soc.*, **75** : 4325.
- ISHII, H., S. SEO, K. TORI, T. TOZO, et Y. YOSHIMURA, 1977. — *Tetrahedron Lett.*, (14) : 1227.
- ITO, M., K. NISHIMOTO, S. NATORI, et N. IKEKAWA, 1964. — *Shoyakugaku Zasshi*, **18** : 16.
- KARRER, W., 1958. — Konstitution und Vorkommen der organischen Pflanzenstoffe (exclusive Alkaloïde), Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart, 1207 p.
- KAWAMURA, J., 1928. — *Chem. ZentBl.*, **2** : 2255.
- KIM LI GYUN, et DONG BOM CHU, 1975. — Choson Minjujuvi Inmin Konghwaguk Kwahagwonx Tongbo, **23** : 287.
- KISSELIEVA, A. V., et V. G. MINAEVA, 1968. — Congrès sur la question de la mise en valeur des ressources végétales d'U.R.S.S. (en russe), Comm. p. 56, Novosibirsk.
- KISSELIEVA, A. V., et V. G. MINAEVA, 1972. — *Fiziologiya Rast.*, **19** : 1252.
- KISSELIEVA, A. V., et V. G. MINAEVA, 1974. — Kompleks Izuchenie polezn. Rast. Sibiri : 162.
- KISSELIEVA, A. V., et V. G. MINAEVA, 1976. — Aktual Vopr. Bot. Resursoved Sib. : 174.
- KISSELIEVA, A. V., V. G. MINAEVA, et G. N. GORBALEVA, 1971. — *Byull. glavn. bot. Sada*, **82** : 86.
- KÖRNER, K., et A. BIGINELLI, 1891. — *Ber.*, **24** : 955.
- KOSTANEKI, St., et J. TAMBOR, 1895. — *Ber.*, **28** : 2302.
- KOTAKE, M., et H. ARAKAWA, 1956. — *Naturwissenschaften*, **43** : 327.
- KUBOTA, T., et T. HASE, 1956. — *Nippon Kagaku Zasshi*, **77** : 1059.
- KUBOTA, T., et H. HINOH, 1966. — *Tetrahedron Lett.*, (41) : 5045.
- KUBOTA, T., et H. HINOH, 1967. — *Tetrahedron*, **24** : 675.
- KUBOTA, T., et H. HINOH, 1968. — *Tetrahedron Lett.*, (3) : 303.
- KUBOTA, T., et F. TONAMI, 1967. — *Tetrahedron*, **23** : 3353.
- KUBOTA, T., F. TONAMI, et H. HINOH, 1967. — *Tetrahedron*, **23** : 3333.
- KURONO, G., T. SAKAI, et T. ISHIDA, 1953. — *J. pharm. Soc. Japan*, **73** : 1209.
- LEBLANC, F., 1845. — *Ann. Chem.*, **56** : 357.
- LUMB, P. B., et J. C. SMITH, 1952. — *J. chem. Soc.* : 5032.
- MARCGRAF, A. S., 1747. — Cf. KARRER, 1958, n° 654.
- MERCK, E., 1893. — *Arch. Pharm.*, **231** : 129.
- MINAEVA, V. G., 1974. — Kompleks Isuchenie polezn. Rast. Sibiri : 168.
- MINAEVA, V. G., et A. V. KISSELIEVA, 1971. — Fenol'yne soedin. I. Kh. Fiziol. Sroistra, Mater. Vses. Simp. Fenol'nym Soedin., 2<sup>e</sup> Ed., Ed. Klyshev L. K. « Nauka », Kaz S.S.S.R., Alma-Ata U.S.S.R., 1973 : 58.
- MINAEVA, V. G., K. A. SOBOLOVSKAYA, T. A. VALKONSKAYA, M. P. MALYK, et I. V. ASHIKHMINA, 1969. — *Prom. Obraztsy Tovranye Znaki*, **96** : 72.
- MINAEVA, V. G., et T. A. VALKONSKAYA, 1964. — *Bull. Acad. Sci. URSS*, **154** : 956.

- MINAEVA, V. G., et T. A. VALKONSKAYA, 1970. — *Rastit. Res.*, **6** : 107.
- MINAEVA, V. G., T. A. VALKONSKAYA et A. G. VALUTSKAYA, 1965. — *Rastit. Res.*, **1** : 233.
- MINAEVA, V. G., T. A. VALKONSKAYA, et A. G. VALUTSKAYA, 1968. — Fenol'yne soedin. I. Kh. Biol. Funkts. Mater. Vses. Simp. : 180.
- NAGASHI, K., et T. TOMIMATSU, 1969. — *Shoykugaten Zasshi*, **23** : 96.
- NAKABAYASHI, T., I. KUBO, et M. YOSHIMOTO, 1964. — *Nippon kagaku Zasshi*, **85** : 558.
- NAKANO, T., S. TERAO, Y. SAEKI, et K. D. JIN, 1966. — *J. chem. Soc., Sect. C* : 1805.
- NIELSEN, B. E., 1971. — In : V. H. HEYWOOD, The Biology and Chemistry of the Umbelliferae. Academic Press Ed. London. Suppl. I, Bot., *J. Linn. Soc.*, **64** : 325.
- NORIO, A., H. FUJIMOTO, et S. SHIBATA, 1968. — *Chem pharm. Bull., Tokyo*, **16** : 641.
- NORIO, A., et S. SHIBATA, 1966. — *Tetrahedron Lett.*, (39) : 4721.
- OTSUKA, H., S. KOBAYASHI, et S. SHIBATA, 1978. — *Planta med.*, **33** : 152.
- PARIHAR, B. B., et S. DUTT, 1947. — *Proc. Indian Acad. Sci.*, **25A** : 153.
- PERKIN, A. G., 1909. — *J. chem. Soc.*, **95** : 2181.
- PERKIN, A. G., et J. J. HUMMEL, 1896. — *J. chem. Soc.*, **69** : 1566.
- PERKIN, A. G., et J. A. PILGRIN, 1898. — *J. chem. Soc.*, **73** : 267.
- PERKIN, A. G., et E. J. WILKINSON, 1902. — *J. chem. Soc.*, **81** : 585.
- PESCI, L., 1886. — *Ber.*, **19** : 874.
- PEYRON, L., et M. ROUBEAUD, 1970. — *Plant. med. Phytotherap.*, **4** : 172.
- PIPER, St. H., A. C. CHIBNALL, S. J. HOPKINS, A. POLLARD, J. A. B. SMITH, et E. F. WILLIAMS, 1932. — *Biochem. J.*, **25** : 2072.
- PLOUVIER, V., 1967. — *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, sér. D, **264** : 145.
- 1978. — Actes 2<sup>e</sup> Symp. internation. Ombellifères, Perpignan, 1977, A.-M. CAUWET-MARC et J. CARBONNIER Éd. : 535.
- POWER, P. B., et C. KLEBER, 1895. — Cf. KARRER, 1958, n° 32.
- RABATE, J., 1930. — *Bull. Soc. Chim. biol.*, **12** : 934.
- RIGAUD, A., 1854. — *Ann. Chem.*, **90** : 283.
- ROBERTS, O. D., 1921. — *Chem. ZentBl.*, **3** : 1127.
- ROCHLEDER, F., 1846. — *Ann. Chem.*, **59** : 300.
- SACC, F., 1844. — *Ann. Chem.*, **51** : 213.
- SEMMLER, F. W., 1900. — *Ber.*, **33** : 275.
- SHIBATA, S., I. KITAGAWA, et H. FUJIMOTO, 1965. — *Tetrahedron Lett.*, (42) : 3783.
- SHIBATA, S., I. KITAGAWA, R. TAKAHASHI, et H. FUJIMOTO, 1966. — *Yakugaku Zasshi*, **86** : 1132.
- SHIBATA, S., I. KITAGAWA, R. TAKAHASHI, et H. FUJIMOTO, 1966a. — *Chem. pharm. Bull., Tokyo*, **14** : 1023.
- SHIBATA, M., R. YOSHIDA, S. MOTOHASHI, et M. FUKUSHIMA, 1973. — *Yakugaku Zasshi*, **93** : 1660.
- SHIMAOKA, A., S. SEO, et H. MINATO, 1975. — *J. chem. Soc. Perkin Trans. I*, (20) : 2043.
- SIMONSEN, J. L., 1924. — *Chem ZentBl.*, **1** : 1282.
- SINGH, G., G. V. NAIR, et K. P. AGGARWAL, 1954. — *Chem. & Ind. London* : 1294.
- SMITH, F. L., et A. P. WEST, 1927. — *Chem. ZentBl.*, **2** : 2239.
- SOBOLOVSKAYA, K. A., et V. G. MINAEVA, 1961. — *Izv. sib. Otdel. Akad. Nauk SSSR*, **4** : 68.

- SOBOLOVSKAYA, K. A., T. A. VALKONSKAYA, et V. G. MINAEVA, 1967. — *Polez. Rast. Prir. Flory Sib.* : 92.
- SPATH, E., et O. PESTA, 1934. — *Ber.*, **67B** : 853.
- STEIN, W., 1862. — *J. prakt. Chem.*, **85** : 351.
- TAKEDA, K., 1973. — *Taiska*, **10** : 676.
- TAKEDA, K., K. HAMAMOTO, et T. KUBOTA, 1953. — *J. pharm. Soc. Japan*, **73** : 272.
- TAKEDA, K., et T. KUBOTA, 1958. — *Chem. pharm. Bull., Tokyo*, **6** : 536.
- TAKEDA, K., T. KUBOTA, et Y. MATSUI, 1958. — *Chem. pharm. Bull., Tokyo*, **6** : 437.
- TERUI, Y., K. TORI, et N. TSUJI, 1976. — *Tetrahedron Lett.*, (8) : 621.
- TILDEN, W. A., 1878. — *J. chem. Soc.*, **33** : 248.
- TOMIMATSU, T., 1969. — *Yakugaku Zasshi*, **89** : 589.
- TOMIMATSU, T., M. MIYAWAKI, et K. MIZOBUCHI, 1972. — *Shoyakugaku Zasshi*, **26** : 64.
- TORI, K., S. SEO, Y. YOSHIMURA, M. NAKAMURA, Y. TOMITA et H. ISHII, 1976. — *Tetrahedron Lett.*, (46) : 4167.
- TORI, K., Y. YOSHIMURA, S. SEO, K. SAKURAWI, Y. TOMITA et H. ISHII, 1976a. — *Tetrahedron Lett.*, (46) : 4163.
- TROSHCHENKO, A. T., et T. I. LIMASOVA, 1967. — *Khim. Prir. Soedin.*, **3** : 145.
- VALKONSKAYA, T. A., 1968. — Étude des flavonoïdes dans le genre *Bupleurum* L. en Sibérie occidentale (en russe). Exposé pour candidats à la licence, Tomsk. VALUTSKAYA A. G. et V. G. MINAEVA.
- VALUTSKAYA, A. G., et V. G. MINAEVA, 1968. — Congrès sur la question de la mise en valeur des ressources végétales d'U.R.S.S. (en russe), Comm. p. 55, Novosibirsk.
- VONGERICHTEN, E., et A. KÖHLER, 1909. — *Ber.*, **42** : 1638.
- WAGNER, G., 1894. — *Ber.*, **27** : 1636.
- WAGNER, G., et W. BRYKNER, 1900. — *Ber.*, **33** : 2121.
- WALLACH, O., 1906. — *Ann. Chem.*, **350** : 141.
- WEISS, V., 1842. — Cf. KARRER, n° 1536.
- WESSELY F., et E. DEMMER, 1928. — *Ber.*, **61** : 1279.
- WESSELY, F., et S. H. VANG, 1939. — *Monatsh. Chem.*, **72** : 168.
- WINDAUS, A., et H. HAUTH, 1906. — *Ber.*, **39** : 4378.
- YAMASAKI, K., R. KASAI, Y. MASAKI, M. OKIHARA, O. TANAKA, H. OSHIO, S. TAKAGI, M. YAMAKI, K. MASUDA, G. NONAKA, M. TSUBOI, et I. NISHIOKA, 1977. — *Tetrahedron Lett.*, (14) : 1231.
- ZAPROMETOV, M. N., V. G. MINAEVA, et A. V. KISSELIEVA, 1972. — *Fiziologiya Rast.*, **19** : 724.
- ZHANAEVA, T. A., V. G. MINAEVA, et M. N. ZAPROMETOV, 1978. — *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **239** : 479.
- ZWENGER, C., 1872. — *Ann. Chem. Pharm. Suppl.*, **8** : 23.

Manuscrit déposé le 9 mai 1979.

Achevé d'imprimer le 30 septembre 1979.



## Recommandations aux auteurs

Les articles à publier doivent être adressés directement au Secrétariat du *Bulletin du Muséum national d'Histoire Naturelle* 57, rue Cuvier, 75005 Paris. Ils seront accompagnés d'un résumé en une ou plusieurs langues. L'adresse du Laboratoire dans lequel le travail a été effectué figurera sur la première page, en note infrapaginale.

Le *texte* doit être dactylographié à double interligne, avec une marge suffisante, recto seulement. Pas de mots en majuscules, pas de soulignages (à l'exception des noms de genres et d'espèces soulignés d'un trait).

Il convient de numéroter les *tableaux* et de leur donner un titre ; les tableaux compliqués devront être préparés de façon à pouvoir être clichés comme une figure.

Les *références bibliographiques* apparaîtront selon les modèles suivants :

BAUCHOT, M.-L., J. DAGET, J.-C. HUREAU et Th. MONOD, 1970. — Le problème des « auteurs secondaires » en taxonomie. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 2<sup>e</sup> sér., 42 (2) : 301-304.

TINBERGEN, N., 1952. — *The study of instinct*. Oxford, Clarendon Press, 228 p.

Les *dessins* et *cartes* doivent être faits sur bristol blanc ou calque, à l'encre de chine. Envoyer les originaux. Les *photographies* seront le plus nettes possible, sur papier brillant, et normalement contrastées. L'emplacement des figures sera indiqué dans la marge et les légendes seront regroupées à la fin du texte, sur un feuillet séparé.

Un auteur ne pourra publier plus de 100 pages imprimées par an dans le *Bulletin*, en une ou plusieurs fois.

Une seule épreuve sera envoyée à l'auteur qui devra la retourner dans les quatre jours au Secrétariat, avec son manuscrit. Les « corrections d'auteurs » (modifications ou additions de texte) trop nombreuses, et non justifiées par une information de dernière heure, pourront être facturées aux auteurs.

Ceux-ci recevront gratuitement 50 exemplaires imprimés de leur travail.

