

ÉTUDES CHIMIOTAXONOMIQUES DANS LA FAMILLE DES EUPHORBIACÉES—III.

RÉPARTITION DES TRITERPÈNES DANS LES LATEX D'*EUPHORBIA*

G. PONSINET et G. OURISSON

Laboratoire associé au CNRS
Institut de Chimie, Esplanade, 67 Strasbourg, France

(Received 5 July 1967)

Résumé—La fraction triterpénique du latex de 75 espèces d'*Euphorbia* a été analysée par chromatographie. 15 triterpènes tétra- et pentacycliques ont ainsi été identifiés. Les résultats d'analyse permettent de rassembler les espèces en groupes chimiquement homogènes, qui correspondent le plus souvent avec les sections ou sous-sections du genre établies sur des critères botaniques.

Abstract—The latex of 75 *Euphorbia* species have been examined for their triterpenes. Fifteen tetra- and pentacyclic triterpenes have been identified by TLC and GLC. The groups constituted by chemical criteria can be correlated with sections and sub-sections and particularly with morphological, morphogenetical and geographical characteristics.

INTRODUCTION

LE GENRE *Euphorbia*, qui comprend plus de 1500 espèces cosmopolites, herbacées, cactiformes ou arbustives, est le plus vaste groupement d'espèces de la famille des Euphorbiacées. La plus récente révision d'ensemble, celle de Boissier,¹ et la monographie la plus récente, de Berger,² ne couvre que les espèces succulentes. Il était inévitable, en l'absence d'une étude critique d'ensemble rendue périlleuse par l'étendue de la tâche, que des tendances à la division se manifestent: plus de cinquante genres ont été introduits puis considérés comme synonymes. On mesure à ces quelques remarques la prétention qu'il y aurait à espérer qu'une étude chimique soit décisive dans un domaine aussi vaste et aussi mal préparé.

Nous avons profité de la mise au point d'une méthode analytique efficace³ pour examiner la composition en triterpènes des latex de 75 espèces d'*Euphorbia*, et les résultats que nous décrivons ci-dessous semblent utilisables du point de vue de la systématique.

TRITERPÈNES DES LATEX D'*EUPHORBIA*

L'étude des latex semblait *a priori* intéressante. Dans une vingtaine d'espèces, Moyer avait noté des relations significatives entre la classification d'une part, et le point isoélectrique et les courbes de mobilité électrophorétique des particules du latex d'autre part.⁴ Nous-mêmes avons récemment utilisé des latex d'*Euphorbia* dans des expériences de biosynthèse⁵, suivant en cela l'exemple donné par plusieurs auteurs avec les latex d'une autre Euphorbiacée, *Hevea*. Enfin, le Tableau 1 résume les résultats épars dans la littérature sur les triterpènes

¹ E. BOISSIER, *Prodromus Systematis*, A. de Candolle, Vol. 15, p. 3 (1866).

² A. BERGER, *Sukkulente Euphorbien*, Stuttgart (1907).

³ G. PONSINET et G. OURISSON, *Phytochem.* 4, 799 (1965).

⁴ L. S. MOYER, *Am. J. Botany*, 21, 293 (1934).

⁵ G. PONSINET et G. OURISSON, *Phytochem.* 6, 1235 (1967).

TABLEAU 1. TRITERPÈNES EXTRAITS D'*Euphorbia*

Squelette	Tétracycliques				Pentacycliques					Références					
	Euphane		Lanostane		Oléane		Lupane		Ursane						
Produit	euphol	euphorbol	titrucalol	cycloarténol	méthylène-24 cycloartanol	lanostérol	lanosténol	β -amyrine	germanicol	taraxérol	friedelanol	gluténol	Iupéol	α -amyrine	taraxastérol
Spèces															
<i>Euphorbia adenochlora</i> Morr.	+			+					+	+	+				6
<i>E. antiquorum</i> L.	+														7
<i>E. aphylla</i> Brouss.				+		+	+								8
<i>E. atropurpurea</i> Brouss.				+		+	+								9
<i>E. balsamifera</i> Ait.				+		+	+		+						10, 11
<i>E. bravoana</i> Svent.				+		+	+								12
<i>E. canariensis</i> L.		+		+		+	+								13
<i>E. cyparissias</i> L.		+						+				+			14
<i>E. dracunculoides</i> Lam.					+										15
<i>E. echinus</i> Hook															9
<i>E. handiensis</i> Burch.	+			+		+	+								16
<i>E. hernandez-pacheco</i> Cab.								+		+					9
<i>E. hirta</i> L.															17, 18
<i>E. ingens</i> E. Mey.	+								+						19
<i>E. jolkini</i> Boiss.									+						18
<i>E. nerifolia</i> L.	+														20
<i>E. obtusifolia</i> Poir.				+											21
<i>E. pulcherrima</i> Wild.															22
<i>E. regis-jubae</i> Web.						+	+		+	+				+	12, 18
<i>E. resinifera</i> Boiss.	+					+	+		+	+		+			23, 24
<i>E. royleana</i> Boiss.															25
<i>E. thymifolia</i> L.															26
<i>E. tirucalli</i> L.	+														27, 28
<i>E. triangularis</i> Desf.	+														27
<i>E. watanabei</i> Mak.										+			+		29

+ Triterpènes extraits du latex isolé.

+ Triterpènes extraits de la plante entière.

N.B. Seuls les triterpènes monohydroxylés sont portés sur ce Tableau. Cf. p. ex. réf. 14.

d'*Euphorbia*. Quinze triterpènes de structure établie avaient déjà été isolés dans l'une ou l'autre espèce par nos prédécesseurs.

Le Tableau 1 montre, pour les 25 espèces mentionnées, une très grande variété de constituants, en particulier la présence de nombreux triterpènes tétracycliques des séries de l'euphane et du lanostane, accompagnés de triterpènes pentacycliques de squelettes variés. Si tous les organismes vivants—sauf les bactéries—sont capables de synthétiser et de cycliser le squalène, seuls les végétaux semblent pouvoir transformer ce produit en triterpènes différents du lanostérol, lui-même considéré comme le précurseur des stérols, tant végétaux qu'animaux. Parmi les produits mentionnés dans le Tableau 1, certains (cycloarténol, méthylène-24 cycloartanol, α - et β -amyrines, taraxérol, lupéol) sont très largement répandus chez les végétaux; par contre, le tirucallol n'a été trouvé que dans quelques Anacardiacees; quant à l'euphol et l'euphorbol, ils semblent jusqu'ici spécifiques des Euphorbes.³⁰ Le butyrospermol, produit très voisin de l'euphol et que nous retrouverons plus loin, a été trouvé dans une Sapotacée.

L'utilisation directe des résultats du tableau 1 dans un but de systématique est très délicate, car pour beaucoup d'espèces mentionnées l'inventaire des produits n'est pas complet. De plus dans certains cas la plante entière avait été extraite. Nous avons fait remarquer⁵ que les latex sont beaucoup plus riches en triterpènes que la plante. Leur faible teneur en phyto-stérols, et l'absence de triterpènes caractéristiques des cires et des cuticules,³¹ rendent beaucoup plus aisés l'isolement et la caractérisation des triterpènes.

Nous avons donc procédé à une analyse systématique des triterpènes tétracycliques des latex de diverses espèces d'*Euphorbia*. La présentation de nos résultats sera faite en suivant les sections du genre d'après Pax et Hoffmann³² qui ont repris les classifications de Boissier et de Berger.

⁶ T. TAKEMOTO, Y. KONDO et T. ISHIGURO, *Yakugaku Zasshi* **86**, 528 (1966).

⁷ V. ANJANEYULU, D. N. RAO et L. R. ROW, *J. Indian Chem. Soc.* **44**, 123 (1967).

⁸ A. G. GONZALEZ et A. H. TOSTE, *Anales Real Soc. Españ. Fis. y Quim.* **50b**, 597 (1954).

⁹ A. G. GONZALEZ et R. BARRERA, *Publ. Inst. Quim. Fis. A. Barba* **10**, 199 (1956).

¹⁰ S. CHAPON et S. DAVID, *Bull. Soc. Chim. France* **456**, (1952).

¹¹ A. G. GONZALEZ et M. L. G. MORA, *Publ. Inst. Quim. Fis., A. Barba* **6**, 152 (1952).

¹² A. G. GONZALEZ et A. G. PADRON, *Anales Real. Soc. Españ. Fis. y Quim.* **54b**, 695 (1958).

¹³ A. G. GONZALEZ et A. CALERO, *Anales Real. Soc. Españ. Fis. y Quim.* **45b**, 269 (1949).

¹⁴ A. N. STARRAT, *Phytochem.* **5**, 1341 (1966).

¹⁵ A. SINGH et S. N. SRIVASTAVA, *Indian J. Chem.* **4**, 420 (1966).

¹⁶ A. G. GONZALEZ et A. CALERO, R. CALERO, *Anales. Real. Soc. Españ. Fis. y Quim.* **45b**, 1441 (1949).

¹⁷ H. ESTRADA, *Bol. Inst. Quim. Univ. Nac. Auto Mex.* **11**, 15 (1959).

¹⁸ T. TAKEMOTO et M. INAGAKI, *Yakugaku Zasshi* **78**, 289 (1958).

¹⁹ R. N. E. BENNETT, H. S. KRÜSI et F. L. WARREN, *J. Chem. Soc.* 2534 (1951).

²⁰ D. N. RAO et L. R. ROW, *Current Sci. (India)* **34**, 432 (1965).

²¹ A. G. GONZALEZ et J. L. BRETON, *Anales Real. Soc. Españ. Fis. y Quim.* **47b**, 363 (1951).

²² H. N. KHASTGIR et B. P. PRADHAN, *J. Indian Chem. Soc.* **44**, 159 (1967).

²³ G. DUPONT, W. KOPACZEWSKI et R. BRODSKI, *Bull. Soc. Chim. France* 1068 (1947).

²⁴ G. DUPONT, M. JULIA et W. R. WRAGG, *Bull. Soc. Chim. France* 852 (1953).

²⁵ P. SENGUPTA et S. GHOSH, *J. Indian Chem. Soc.* **42**, 543 (1965).

²⁶ D. R. GUPTA et S. K. GARG, *Ind. J. Appl. Chem.* **29**, 39 (1966).

²⁷ A. D. McDONALD, F. L. WARREN et J. M. WILLIAMS, *J. Chem. Soc.* 1558 (1949).

²⁸ D. W. HAINES et F. L. WARREN, *J. Chem. Soc.* 2554 (1949).

²⁹ T. TAKEMOTO et T. ISHIGURO, *Yakugaku Zasshi* **86**, 530 (1966).

³⁰ Pour une étude complète de ces problèmes voir P. BOITEAU, B. PASICH et A. R. RATSIMAMANGA, *Les Triterpénoïdes en Physiologie végétale et animale*. Gauthier-Villars, Paris (1964); G. OURISSON, P. CRABBÉ et O. R. RODIG, *The Tetracyclic Triterpenes*. Hermann, Paris (1964); G. PONSINET, G. OURISSON et A. C. OEHLISCHLAGER, *Symposium on Recent Advances in Phytochemistry*. Austin, Texas (1966).

³¹ H. ESTRADA, *Bol. Inst. Quim. Univ. Nac. Auto Mex.* **8**, 30 (1956).

³² F. PAX et K. HOFFMANN, dans A. Engler, *Natürlichen Pflanzenfamilien* 2ème édition W. Engelmann, Leipzig, **19c**, 208 (1931).

MATÉRIEL D'ÉTUDE

La très grande dispersion géographique d'un groupe aussi important rend très difficile la récolte d'un nombre représentatif d'échantillons de chaque section du genre. Notre étude n'est donc pas complète; seules les deux sections les plus importantes numériquement, *Tithymalus* et surtout *Euphorbia*, ont été explorées en quelque détail, les autres sections n'étant représentées dans notre étude que par un nombre limité d'espèces. L'importance accordée ici à la section *Euphorbia* n'est pas totalement fortuite: c'est en effet la section qui présente la plus grande variété morphologique et la plus grande dispersion géographique.

Origine des Plantes

Les espèces étudiées sont de trois origines principales: —espèces spontanées de diverses régions de France, identifiées à l'Institut de Botanique de Strasbourg; —espèces de serre fournies par: le Jardin Botanique de l'Université de Strasbourg; le Royal Botanic Garden de Kew; le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris; des commerçants en plantes de collection; —espèces tropicales provenant de diverses régions d'Afrique et principalement du Parc Botanique de Tzimbazaza (Madagascar).

Quelques espèces ont été obtenues de plusieurs sources ou sous forme de variétés différentes; leur analyse a conduit à des résultats reproductibles.

Préparation des Extraits et Méthodes d'Analyse

Le latex, prélevé par incision ou section de tige, est séché par lyophilisation, puis extrait à l'éther de pétrole. La plupart des analyses ont été faites à partir de quelques gouttes de latex. Dans quelques cas, la plante entière a été séchée à 50° sous vide, broyée et extraite à l'éther de pétrole. Dans chacun de ces extraits nous avons étudié les triterpènes libres, et dans quelques cas les triterpènes estérifiés, habituellement peu abondants. Les produits ont été caractérisés par chromatographie en couche mince de leurs époxydes-acétates,³ par chromatographie gazeuse et par RMN. Pour la chromatographie gazeuse, l'extrait est simplement adsorbé sur une colonne de silice imprégnée de 10% de nitrate d'argent; après élution par un mélange éther de pétrole-éther 80/20, une deuxième élution par un mélange semblable 50/50 entraîne les triterpènes qui sont alors injectés dans l'appareil. Les conditions opératoires, et les temps de rétention sont mentionnés dans le Tableau 2.

TABLEAU 2. CHROMATOGRAPHIE DES TRITERPÈNES EN PHASE GAZEUSE

Produits	Temps de rétention (min)
Euphol	17,5
Tirucallol	19,2
Lanostérol	20,7
β -Amyrine	21,5
Euphorbol	22,7
α -Amyrine	23,4
Cycloarténol	24,3
Méthylène-24 cycloartanol	28,2

Appareil Pan-Chromatograph PYE.

Colonne Chromosorb W/1% SE 52.

Température: 240°.

Débit d'argon: 80 ml/min.

L'analyse chromatographique par l'une ou l'autre méthode peut être réalisée sur 1 mg d'extrait sec. Pour une confirmation par RMN, des quantités plus grandes sont nécessaires.

Les triterpènes tétracycliques rencontrés sont les suivants: euphol, butyrospermol, tirucallol, euphorbol, cycloarténol, méthylène-24 cycloartanol, lanostérol, lanosténol et cycloartène-23 diol-3 β , 25. Dans quelques cas, des triterpènes pentacycliques ont également été identifiés (lupéol, α - et β -amyrynes).

RÉSULTATS ANALYTIQUES

Nous avons analysé les triterpènes de 73 espèces d'*Euphorbia* ainsi que de deux autres Euphorbiacées voisines: *Synadenium grandtii* et *Elaeophorbia grandifolia*. L'ensemble

des résultats est condensé dans le Tableau 3, où est indiquée également l'origine géographique naturelle des groupes d'espèces constitués.

Les différents latex étudiés se répartissent en effet en groupes, à l'intérieur desquels, la composition en triterpènes tétracycliques est à peu près constante. Ces groupes sont caractérisés par cinq types principaux de obtenus.

Type A: euphol + euphorbol dans le rapport 2/1 environ;

Type B: euphol + tirucallol dans le rapport 2/1;

Type C: cycloarténol + méthylène-24 cycloartanol comme produits majeurs.

Le type constitué par le mélange de ces deux produits n'est pas vraiment caractéristique, et l'étude des constituants mineurs permet les subdivisions suivantes:

C1: présence de lanostérol en quantité variable et généralement faible. Dans deux espèces (*E. obtusifolia* et *E. aphylla*) nous avons en outre décelé la présence d'environ 2% de lanostérol, et dans une (*E. cyparissias*) 3% d'euphol. Des triterpènes pentacycliques non identifiés sont également présents.

C2: présence de β -amyrine et de lupéol (*E. hirta*).

C3: faible proportion de méthylène-24 cycloartanol par rapport au cycloarténol; présence de butyrospermol (10%) et de β -amyrine (10–20%).

C4: présence de 5% de mélange euphol + tirucallol.

C5: présence de 30% de lupéol.

Type D: cycloarténol + méthylène-24 cycloartanol + lupéol + euphol en quantités sensiblement égales;

Type E: α -amyrine sans triterpènes tétracycliques.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

L'examen du tableau 3 conduit à deux remarques générales: d'une part l'isolement de la section *Poinsettia* et d'autre part la fréquence des groupes C et D, renfermant le cycloarténol et son compagnon le méthylène-24 cycloartanol qui avait été pourtant mentionné une seule fois antérieurement (tableau 1).

Section *Poinsettia*

Dans la classification de Pax, cette section contient quatre espèces; nous en avons étudié deux: leur latex contient environ cinq fois plus d'esters de triterpènes que de triterpènes libres,* alors que tous les autres latex étudiés renferment presque exclusivement des triterpènes libres. Le triterpène majeur est l' α -amyrine; aucun triterpène tétracyclique n'a été décelé et ceci distingue à nouveau ces deux latex de tous les autres.

Or les *Poinsettia* ont souvent été groupés en un genre à part à cause de leur inflorescence particulière.³³ Ainsi dans une révision récente de la famille des Euphorbiacées, Hurusawa mentionne *Poinsettia* comme un genre distinct au même titre que *Euphorbia sensu stricto*.³⁴

Il nous est difficile de juger la valeur du critère que nous apportons: le seul point de référence est fourni par la famille des Apocynacées où l'on observe des variations importantes dans la proportion des triterpènes libres et estérifiés d'un genre à l'autre.³⁵ Notons enfin que les résultats d'électrophorèse de Moyer⁴ ont également fait apparaître l'unité de la section *Poinsettia* tout en la distinguant nettement des autres.

* Il s'agit d'ailleurs du même mélange de triterpènes dans les deux fractions.

³³ M. H. MOON, *Baileya* 4, 176 (1956).

³⁴ I. HURUSAWA, *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo* 6, 209 (1954).

³⁵ J. VAN DIE, *Annales Bogoriensis* 2, 1, 1955.

TABLEAU 3. CONSTITUANTS CHIMIQUES ET HABITAT DES ESPÈCES ÉTUDIÉES RÉPARTIES SUIVANTS LES SECTIONS DE PAX ET HOFMANN³²

Section	Sous-section	Espèces	Habitat naturel	Type de constituants
Anisophyllum		<i>hirta</i> L.	Amérique	C2
Adenopetalum		<i>marginata</i> Pursh.	Amérique	C1
Pseudeuphorbium		<i>monteiri</i> Hook.	Afrique	C
Poinsettia		<i>heterophylla</i> L.	Amérique	E
Euphorbium	Artrothamnus	<i>brachiata</i> E. Mey.	Afrique	C1
	Tirucalli	<i>aphylla</i> Brouss. <i>mauritanica</i> L. <i>enterophora</i> Drake. <i>intysi</i> Drake. <i>laro</i> L.	Afrique	C1
	Pteroneura	<i>sipolisit</i> N.E.Br.	Madagascar	B
	Goniostema	<i>leuconeura</i> Boiss. <i>lophogona</i> Lam.	Afrique	C
	Diacanthium	<i>capuronii</i> Ursch et Léandri <i>delphinis</i> Ursch et Léandri <i>didieroides</i> M. Den. <i>durani</i> Ursch et Léandri <i>fianarantsoe</i> Ursch et Léandri <i>genoudiana</i> Ursch et Léandri <i>grandidens</i> Haw. <i>lactea</i> Haw.	Madagascar	C3
	Trigonae	<i>abyssinica</i> Raeus. <i>ammak</i> Schw. <i>canariensis</i> L. <i>candelabrum</i> Triem. <i>cristata</i> Lem. <i>deightonii</i> L.Cr. <i>erythraea</i> Hemsl. <i>echinus</i> Hook.	Afrique et Inde	A
	Polygonae	<i>hermentiana</i> Lem. <i>ingens</i> E. Mey. <i>kamerunica</i> Pax. <i>resinifera</i> Berg. <i>sudanica</i> A.Chev. <i>triangularis</i> Desf. <i>virosa</i> Willd. <i>officinarium</i> L.	Afrique	A
		<i>neohumberti</i> Boit. <i>viguieri</i> M.Den.	Afrique	C3
		<i>militi</i> Desm. <i>mitsembiniensis</i> Ursch et Léandri <i>pauliani</i> Ursch et Léandri <i>pedilanthoides</i> M.Den. <i>perrieri</i> Drake.	Madagascar	C3
		<i>royleana</i> Boiss. <i>trigona</i> Haw.	Afrique et Inde	A

Anthacantha	<i>enopla</i> Boiss.	<i>mamillaris</i> L.	Afrique S.	C4
Medusea	<i>caput-medusae</i> L. <i>gabergensis</i> N.E.Br.	<i>pugniformis</i> Boiss.	Afrique S.	C4
Tithymalus	<i>lathyris</i> L.			
Decussatae	<i>atropurpurea</i> Brouss.	<i>dendroides</i> L.		
Pachycladac	<i>balsamifera</i> Ait.	<i>regis-jubae</i> Webb.		
Carunculatae	<i>serrata</i> L.			
Galarthaei	<i>coralloides</i> L.	<i>helioscopia</i> L.	} Europe	C1
	<i>epithymoides</i> Jacq.	<i>verrucosa</i> Lam.		
	<i>amygdaloides</i> L.	<i>paralias</i> L.		
Esulac	<i>cyparissias</i> L.	<i>peplus</i> L.		
	<i>exigua</i> L.			
Myrsinites	<i>myrsinites</i> L.			

Elaeophorbia grandifolia L.Cr.
Synadenium grantii Hook

Afrique W.

B

Section Tithymalus

Il s'agit ici d'un groupe beaucoup plus important d'espèces, en fait le plus important du genre. Nous en avons étudié 16 espèces, réparties dans 6 des 12 sous-sections de Pax. Toutes ces espèces contiennent en proportions variables les trois produits du type C1. L'euphol a pu être identifié en trace dans. Deux espèces au moins (*E. helioscopia* et *E. cyparissias* (cf. ¹⁴)) contiennent également le cycloartène-23 diol-3 β ,25, que nous n'avons pas recherché dans les autres latex.

Il n'est pas évident que l'homogénéité apparente de ce groupe puisse être conservée après une analyse spéciale des triterpènes pentacycliques mineurs accompagnant les produits mentionnés.

Section Euphorbium

Nous avons examiné 52 espèces de cette section, réparties dans sept des onze sous-sections de Pax. L'hétérogénéité de cette section se manifeste sur le plan chimique par la présence d'espèces dont les latex appartiennent aux cinq types A-E définis plus haut. Nous ne discuterons que les trois groupes représentés par un nombre suffisant d'espèces: les espèces coralliformes de la sous-section *Tirucalli*, les espèces épineuses de *Goniostema*, *Diacanthium* et *Anthacantha* et les espèces endémiques du Cap (*Medusea*).

Sous-section Tirucalli

Celle-ci comprend deux groupes d'espèces chimiquement distincts: quatre des espèces étudiés appartiennent au groupe C et six au groupe B.* Or le premier groupe est constitué d'espèces africaines alors que les six espèces du second groupe sont malgaches. En fait l'origine de *E. tirucalli* n'est pas connue de façon certaine: cette espèce est très répandue en Afrique et à Madagascar mais également dans le Sud et le Sud-Est asiatique. Néanmoins Madagascar est considéré comme le point de départ de cette dispersion.³⁶ A cette incertitude près, la sous-section *Tirucalli* se divise donc en espèces malgaches et espèces africaines. Nous allons tout de suite retrouver une division semblable.

Sous-sections Goniostema, Diacanthium, Anthacantha et Medusea

Les espèces épineuses africaines et malgaches forment une partie importante de notre étude puisqu'elles représentent la moitié des espèces étudiées, soit 4 *Goniostema* malgaches, 11 *Splendentens* également malgaches, 20 biaculées (*Trigonae* et *Polygonae*) africaines et indiennes et 2 *Anthacantha* d'Afrique du Sud.

A l'intérieur de la sous-section *Diacanthium* nous trouvons une distinction nette entre les *Splendentens* (type C3) et les *Trigonae* et *Polygonae* (Type A). Or les premières forment un groupe homogène du point de vue géographique (ce sont les "songo-songo" malgaches), morphologique^{37, 38} et morphogénétique (elles possèdent bien des épines comme les *Polygonae* mais ces épines ont des origines différentes dans les deux cas).³⁹ D'après Croizat³⁷ les *Splendentens* auraient été isolées avant la séparation de Madagascar du continent africain. Ce groupe

* Le mélange euphol-tirucallol caractérise également *Synadenium grandtii* et *Elaeophorbium grandifolia*, Euphorbiacées africaines très proches de *Euphorbia* par leur morphologie florale mais plutôt apparentées à d'autres sections que *Tirucalli*.

³⁶ L. CROIZAT, *Webbia* **20**, 573 (1965).

³⁷ L. CROIZAT, *Candollea* **19**, 17 (1964).

³⁸ E. URSCH et J. LEANDRI, *Mem. Inst. Scient. Madagascar* **5**, 109 (1954).

³⁹ P. BOITEAU, *Notulae System.* **13**, 154 (1947).

des *Splendentens* est d'ailleurs très proche des *Goniostema*, et Boiteau les réunit sur la base de l'origine des épines et du rapport phyllotaxique.³⁹ Sur le plan chimique nous trouvons des compositions identiques (type C3) qui autorisent une réunion des deux groupes, réunion qu'acceptent Ursch et Léandri.³⁸

Après avoir rappelé (par des critères morphologiques) et confirmé (par des résultats chimiques) que le groupage sous le nom générique d'"espèces épineuses" est abusif et dépourvu de signification phylétique, nous essaierons de trouver des données botaniques concordant avec nos résultats chimiques.

Nous laisserons de côté les deux espèces nord-africaines *E. echinus* et *E. officinarum* que ni leur morphologie, ni leur origine géographique, ne distinguent des autres *Polygonae* mais qui sont de type D alors que les autres sont de type A. Nous n'avons pas pu obtenir d'explication à cette exception.

Il reste donc quatre groupes distincts: "Songo-songo" (C3); *Anthacantha* (C4); *Medusea* (C5); *Trigonae* et *Polygonae* (A).

Ces quatre groupes concordent avec ceux qu'a établis Croizat³⁶ sur la base de la localisation de leurs ancêtres respectifs à l'époque du Crétacé ancien: après séparation et isolement l'un se serait développé à Madagascar en donnant naissance au premier groupe, le deuxième en Afrique du Sud, le troisième plus particulièrement dans la région du Cap et le dernier se serait étendu à partir de l'Afrique Centrale sur tout le continent africain et en Inde. Ainsi le couple euphol-euphorbol aurait été associé à une morphologie particulière à une époque et à un endroit donnés, et l'aurait accompagnée au cours de sa dispersion géographique. La signification phylétique de ces deux produits "anormaux" est donc reliée à un facteur géologique et biogéographique indépendant d'une éventuelle adaptation chimique actuelle à l'écologie et au climat.

CONCLUSION

Nous sommes évidemment conscients des limites de notre argumentation étant donné le caractère partiel et provisoire de nos résultats.

Les conclusions auxquelles nous conduit l'examen de 75 espèces sont les suivantes: (1) Les techniques mises au point permettent l'analyse des triterpènes de nombreuses espèces avec des échantillons minimes; (2) L'euphol, considéré comme caractéristique des Euphorbes, n'est le constituant principal du latex que dans un nombre limité d'espèces; (3) Il est associé au tirucallol dans les espèces coralliformes malgaches (*Tirucalli*) et deux genres voisins (*Synadenium* et *Elaeophorbia*); (4) Il est associé à l'euphorbol dans les *Polygonae* et les *Trigonae*; (5) Le cycloarténol et le méthylène-24 cycloartanol sont présents dans au moins une partie des espèces de toutes les sections étudiées, sauf *Poinsettia*. Ils sont les triterpènes majeurs des *Anisophyllum*, *Adenopetalum*, *Pseudeuphorbium* et *Tithymalus* étudiés, ainsi que d'un certain nombre d'*Euphorbium*; (6) La section *Poinsettia* se distingue chimiquement de toutes les autres par l'absence de triterpènes tétracycliques, et la présence d'esters d' α -amyrine. Rien ne s'opposerait, sur le plan chimique, à une séparation de cette section; (7) Les résultats chimiques permettent de rassembler les espèces en groupes homogènes dont l'unité phylogénétique a été démontrée par Croizat dans une récente étude du genre;³⁶ il est pour le moins frappant de voir ainsi converger des discussions fondées sur la phytogéographie et sur la chimie.

Un complément de cette étude pourrait être réalisé par l'examen du genre *Monadenium* qui, localisé en Afrique Orientale, fournirait sans doute des arguments à la discussion ci-dessus.

Il est évident d'autre part que les sections *Anisophyllum*, *Adenopetalum* et *Poinsettia*, ainsi que le genre *Pedilanthus*, largement répandus en Amérique, pourraient être l'objet d'une étude semblable.

Remerciements—Outre les responsables des services déjà mentionnés, nous tenons à remercier pour leur aide dans la collection d'échantillons M. Garnier, le Professeur Braun et les services de l'O.R.S.T.O.M. (Côte d'Ivoire), M. Degras (Guadeloupe), le Professeur Charles (Cameroun) et le Dr. Breton (Espagne).

Nous remercions également M. Sell (Institut de Botanique, Strasbourg) pour les identifications d'espèces, et enfin et surtout le Professeur Léandri (Muséum d'Histoire Naturelle, Paris) et le Dr. Croizat (Caracas, Venezuela) pour leurs nombreux conseils.