

## Taux et formes des éléments, en particulier du calcium, chez quelques Phanérogames parasites nord-africaines (\*)

PAR DANIELLE SCHEIDECKER ET NICOLE RAYNAUD  
*Laboratoire de Physiologie végétale de la Sorbonne.*

Nos connaissances relatives à la nutrition minérale des Phanérogames parasites se limitent à quelques données, souvent fragmentaires et pour la plupart anciennes, sur leurs teneurs en éléments totaux (21, 22).

Ayant eu l'occasion de récolter un certain nombre de plantes parasites nord-africaines et quelques-uns de leurs hôtes, nous avons dosé dans ces échantillons les macro-éléments et les différentes formes de l'azote et du calcium. Il s'agit d'espèces dont la dégradation parasitaire est assez poussée et qui ne contiennent que peu ou pas de chlorophylle. On a signalé depuis longtemps la faible teneur en calcium des plantes de ce type et cherché à l'expliquer, mais sans distinguer les différentes formes sous lesquelles cet élément peut se trouver.

\* Séance du 16 décembre 1966.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 29.701 ex 1

Cote : B

## I. — TECHNIQUES.

Le matériel végétal a été séché à l'étuve entre 70 et 80°.

Le dosage de l'azote total, amené par une attaque phénol-sulfurique de la matière végétale sèche à l'état de sulfate d'ammonium, se réduit à une distillation et à un titrage d'ammoniac.

L'azote soluble total et l'azote protéique insoluble sont dosés de la même manière, après extraction et séparation en milieu aqueux et en présence d'acide trichloracétique.

Le chlore a été dosé par la méthode Charpentier-Volhard, après destruction de la matière organique par calcination en présence de chaux.

Les dosages de phosphore, de soufre, de potassium, de calcium, de magnésium et de sodium ont été faits à partir de la solution de reprise chlorhydrique des cendres (calcination à 420-430°).

Le phosphore a été dosé par spectrophotométrie du complexe jaune qu'il forme avec le nitro-vanado-molybdate d'ammonium; le soufre, par turbidimétrie, après précipitation sous forme de sulfate de baryum; le potassium, le calcium et le sodium, par photométrie de flamme (spectrophotomètre Eppendorf); le magnésium, par complexométrie (dosage de la somme calcium + magnésium par le versénate en présence de noir d'ériochrome T).

Les différentes formes du calcium ont été extraites par macérations successives de la matière végétale sèche dans l'eau, l'acide acétique à 5 % et l'acide chlorhydrique à 5 %, les liquides d'extraction étant séparés du résidu solide par centrifugation. Le calcium a été dosé dans les extraits par photométrie de flamme.

## II. — RÉSULTATS.

1° TAUX DES MACRO-ÉLÉMENTS CHEZ LE *Cynomorium coccineum* ET SON HÔTE.

Le *Cynomorium coccineum* (Cynomoriacées), fixé sur les racines de l'*Atriplex portulacoides* (Chénopodiacées) a été récolté, un peu avant la floraison du parasite, en février 1965, à Ez-Zhara, dans les terrains salés de l'embouchure de l'oued Miliane (Tunisie) (photo. n° 1).

Les dosages ont été faits, en séparant les différents organes, sur un échantillon pour l'hôte et sur trois échantillons pour le parasite (chaque échantillon correspondant à un lot de 11 à 19 hampes florales, groupées sur le terrain, et aux tubercules à partir desquels elles s'étaient développées).

Le tableau I rassemble les résultats obtenus.

TABLEAU I.

TAUX DES MACRO-ÉLÉMENTS CHEZ LE *Cynomorium coccineum* ET SON HÔTE.  
(en g pour 100 g de matière sèche)

ESPÈCE	ORGANE	N	P	S	Cl	K	Ca	Mg	Na
<i>Atriplex portulacoides</i>	Racines	1,04	0,10	0,21	0,48	0,74	0,51	0,25	0,75
	Tiges souterraines	1,37	0,13	0,32	0,41	0,59	0,86	0,29	0,77
	Parties aériennes (Tiges + feuilles)	2,35	0,16	0,49	3,95	1,02	0,99	0,85	3,97
<i>Cynomorium coccineum</i>	Tubercule	1,45	0,10	0,19	2,85	1,58	0,40	0,13	1,43
	Hampe florale	1,71	0,25	0,20	0,91	1,78	0,17	0,10	0,54

Quand on considère le parasite par rapport à son hôte, on remarque surtout :

- a) l'accumulation plus importante du phosphore et du potassium ;
- b) le taux élevé du chlore dans le tubercule ;
- c) la réduction des taux du calcium (encore que le tubercule ne soit guère plus pauvre en cet élément que les racines de l'*Atriplex*) et surtout du magnésium.



Tubercules et hampes florales du *Cynomorium coccineum*  
fixé sur des racines d'*Atriplex portulacoides*.  
(Réduction : 3 × env.).

## 2° TAUX DES DIFFÉRENTES FORMES D'AZOTE CHEZ LE *Cynomorium coccineum* ET SON HÔTE.

Dans les mêmes plantes, nous avons dosé l'azote soluble total et l'azote protéique (tab. II).

TABLEAU II.

TAUX DES DIFFÉRENTES FORMES DE L'AZOTE  
CHEZ LE *Cynomorium coccineum* ET SON HÔTE.  
(en g pour 100 g de matière sèche)

ESPÈCE	ORGANE	% N Total	
		N Total dosé	N soluble
<i>Atriplex portulacoides</i>	Racines	1,04	44
	Tiges souterraines	1,37	55
	Parties aériennes (Tiges + feuilles)	2,35	43
<i>Cynomorium coccineum</i>	Tubercule	1,45	65
	Hampe florale	1,71	40

Les pourcentages de ces deux formes d'azote par rapport à l'azote total sont identiques dans les racines et les organes aériens de l'*Atriplex* et dans la hampe florale du *Cynomorium*. La proportion d'azote soluble augmente dans les tiges souterraines de l'hôte et surtout dans le tubercule du parasite.

### 3° TAUX DU CALCIUM, DU POTASSIUM ET DU SODIUM CHEZ DIFFÉRENTES PHANÉROGAMES PARASITES NORD-AFRICAINES.

Les *Orobanche*, *Cistanche* (Orobanchacées) et *Cytinus* (Rafflésiacées) ont été récoltés à la floraison ; les *Cynomorium* (Cynomoriacées) un peu avant la floraison. Le *Cuscuta* (Convolvulacées) a été récolté en février.

Le tableau III rassemble les résultats des dosages. Ils appellent dans l'ensemble les mêmes remarques que celles faites pour le *Cynomorium* : fortes teneurs en potassium (toujours plus fortes que celles des organes parasités de l'hôte, quand celles-ci sont connues : *Cuscuta*, *Cytinus*, *Cynomorium*) ; fortes teneurs en sodium dans les terrains salés (Touggourt, Ez-Zahra) ; teneurs assez faibles (*Cuscuta*, *Orobanche*) ou faibles (*Cistanche*, *Cytinus*, *Cynomorium*) en calcium (toujours plus faibles que celles des organes parasités de l'hôte : *Cuscuta*, *Cytinus*, *Cynomorium*).

### 4° TAUX DES DIFFÉRENTES FORMES DU CALCIUM CHEZ LE *Cynomorium coccineum*, LE *Cytinus hypocistis* ET LEURS HÔTES.

Le tableau IV rassemble les résultats des dosages. Ils ont été faits sur les *Cynomorium* et les *Atriplex* récoltés à Ez-Zahra en 1966 (échantillon moyen constitué à partir de plantes récoltées en trois points différents du terrain) et sur les *Cytinus* récoltés, au Djebel Zit, sur cinq ou six pieds différents de *Cistus* ; les racines de *Cistus* ont toutes été prélevées sur une même plante.

On peut considérer que l'extrait aqueux à froid contient le calcium des sels facilement solubles, l'extrait acétique celui des sels peu solubles et le calcium lié à des molécules organiques (12, 20) et l'extrait chlorhydrique celui des sels insolubles (pectates et oxalates en particulier) (8, 9, 19).

Les deux plantes parasites se distinguent de leurs hôtes par :

1° une très forte augmentation du pourcentage du calcium soluble par rapport au calcium total (6 à 12 % dans les différents organes ou

TABLEAU III.

TAUX DU CALCIUM, DU POTASSIUM ET DU SODIUM  
CHEZ DIFFÉRENTES PHANÉROGAMES PARASITES NORD-AFRICAINES.  
(en g pour 100 g de matière sèche)

FAMILLE	GENRE ESPÈCE	PROVENANCE	HÔTE	NATURE ORGANES ANALYSES	K	Ca	Na
CONVOLVULACÉES	<i>Ouscuta epithimum</i>	Dj. Korbous (Tunisie)	<i>Fumana thymifolia</i>	Pl. entière	1,26	0,49	—
OROBANCHACÉES	<i>Orobanche</i> sp. n.d.	Remada (Tunisie)	<i>Arthrophytum</i> sp. nd.	Hampe florale	2,35	0,70	0,23
		Djerba (Tunisie)	<i>Arthrophytum</i> sp. nd.	Hampe florale	2,70	0,89	0,46
		Tunis (Tunisie)		Hampe florale	2,91	0,36	0,28
	<i>Cistanche violacea</i>	Tougourt (Algérie)		Tubercule	1,26	0,15	1,95
		Env. de Tilrempt (Algérie)		Hampe florale	2,03	0,12	0,18
				Tubercule	4	0,21	0,11
				Hampe florale	3,63	0,28	0,03
RAFFLESIAÇÉES	<i>Cytinus hypocistis</i>	Dj. Chambi (Tunisie)	<i>Cistus Libanotis</i>	Hampe florale	1,06	0,17	0,06
		Dj. Zit. (Tunisie)	<i>C. monspeliensis</i>	Hampe florale	1,04	0,11	0,13
CYNOMORIACÉES	<i>Cynomorium coccineum</i>	Ez-Zahra (Tunisie) 1965	<i>Atriplex portulacoides</i>	Tubercule	1,58	0,40	1,43
				Hampe florale	1,78	0,17	0,54
	Ez-Zahra (Tunisie) 1966	<i>Atriplex portulacoides</i>		Tubercule	1,72	0,47	2,89
					Hampe florale	1,50	0,16

TABLEAU IV.

TAUX DES DIFFÉRENTES FORMES DU CALCIUM CHEZ LE *Cynomorium coccineum*,  
LE *Cytinus hypocistis* ET LEURS HÔTES.

(g pour 100 g matière sèche)

ESPÈCE	ORGANE	EXTRAIT H <sub>2</sub> O	EXTRAIT CH <sub>3</sub> COOH	EXTRAIT HCl	TOTAL		% Ca Total		
					ADDITION	DOSAGE	EXTRAIT H <sub>2</sub> O	EXTRAIT CH <sub>3</sub> COOH	EXTRAIT HCl
<i>Atriplex portulacoides</i>	Racines	0,06	0,31	0,53	0,90	0,84	6	34	60
	Tiges souterraines	0,10	0,48	0,64	1,22	1,18	8	39	53
	Parties aériennes (Tiges + Feuilles)	0,08	0,12	1,01	1,21	1,26	7	10	83
<i>Cynomorium coccineum</i>	Tubercule	0,26	0,19	0,04	0,49	0,47	53	39	8
	Hampe florale	0,08	0,08	0,01	0,17	0,16	48	48	4
<i>Oistus monspeliensis</i>	Racines intactes	0,06	0,19	0,24	0,49	0,49	12	39	49
	Racines parasitées	0,07	0,20	0,73	1	1,02	7	20	73
<i>Cytinus hypocistis</i>	Hampe florale	0,05	0,06	0,02	0,13	0,13	39	46	15

groupes d'organes des plantes hôtes; 39 à 53 % dans les plantes parasites);

2° une très forte diminution de la fraction du calcium extraite par l'acide chlorhydrique (49 à 83 % du calcium total dans les plantes hôtes; 4 à 15 % dans les plantes parasites);

3° une diminution relativement beaucoup moins importante de la fraction du calcium extraite par l'acide acétique.

Autrement dit, le taux du calcium soluble est aussi ou plus élevé, suivant les organes, chez le *Cynomorium* que chez l'*Atriplex*, aussi élevé dans le *Cytinus* que dans les racines de *Cistus*. Les deux parasites contiennent des quantités appréciables de calcium extrait par l'acide acétique. En revanche, ils ne contiennent que des traces de calcium extrait par l'acide chlorhydrique, alors que cette fraction représente dans les tissus des plantes hôtes la moitié ou les trois quarts du calcium total.

### III. — DISCUSSION.

L'analyse chimique de Phanérogames parasites dépourvues ou très faiblement pourvues de chlorophylle (Orobanchacées, Rafflésiacées, Cynomoriacées, Convolvulacées) met en évidence chez ces plantes des taux relativement forts du phosphore et du potassium et des taux relativement faibles du magnésium et du calcium total; la répartition du calcium entre ses différentes formes chimiques se montre très différente de ce qu'elle est dans les tissus des plantes hôtes; enfin, on note, dans le tubercule du *Cynomorium*, une teneur élevée en azote soluble par rapport à l'azote total.

En ce qui concerne les teneurs en éléments totaux, d'autres auteurs (4, 14, 16) ont déjà fait des observations analogues, mais aucun n'a signalé que la diminution du taux du calcium total s'accompagne d'une distribution très différente de cet élément entre ses diverses fractions.

L'interprétation la plus couramment admise (1, 18) de la faible teneur en calcium total de ces plantes repose sur l'hypothèse d'un rôle prépondérant du liber dans les échanges hôte-parasite et sur la difficulté du transport du calcium par cette voie (2). Dans le cadre de cette hypothèse, l'utilisation différente du calcium par les parasites devrait être considérée comme une adaptation à une carence bien supportée (chez des Tomates carencées en calcium la distribution de cet élément entre les différentes formes n'est pas la même que chez les témoins, 23). Cette adaptation se traduirait essentiellement par la possibilité de constituer des membranes presque dépourvues de pectates de calcium (très forte diminution de la fraction insoluble de cet élément), interprétation à rapprocher de celle proposée par O'KELLEY et HERNDON (17) dans le cas des Algues vertes: ces plantes ont des besoins très différents en calcium suivant les espèces; celles qui en demandent le moins pour se développer normalement seraient celles qui ne produisent que peu ou pas de substances pectiques, ou pour lesquelles ces composés ne sont pas essentiels.

Une explication exclusivement fondée sur un obstacle à la migration normale du calcium paraît cependant insuffisante: d'une part, on sait actuellement que des connexions autres que libériennes peuvent exister entre hôte et parasite (même non chlorophyllien) (24), d'autre part, il ne faut pas oublier que les racines et les feuilles blanches ou panachées (6) ne sont souvent pas plus riches en calcium que les plantes parasites.

Un faible taux du calcium total et une utilisation différente de cet élément peuvent être envisagés comme des caractères liés à l'hétéro-

trophie, ce que suggérait déjà HELLER (7). En effet, ces particularités ne sont pas rigoureusement spécifiques. On les rencontre très généralement dans les tissus végétaux largement alimentés par des glucides (la richesse en amidon du *Cynomorium* est connue depuis longtemps, 25) et éventuellement par d'autres substances organiques synthétisées ailleurs : tubercules, fruits, galles, feuilles blanches et champignons (13, 15), cultures de tissus (7). On sait aussi que les tubercules de Betterave ont un taux élevé du calcium soluble par rapport au calcium total (9). MOLLIARD (13) pensait à une relation directe entre la diminution du taux du calcium total et l'absence d'activité chlorophyllienne. Aucune donnée précise ne permet de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse. Il faut d'ailleurs remarquer que dans les racines, organes non chlorophylliens, la répartition du calcium entre les diverses fractions dosées est très différente de celle qu'on trouve dans les tissus des parasites.

Enfin, troisième hypothèse, on a attribué la diminution de l'accumulation du calcium à l'apport de l'azote sous forme organique (5). LOMANDER (10) vient d'apporter un résultat qui pourrait étayer cette supposition : l'apport de calcium exerce une action nette sur la croissance du *Saccharomyces pastorianus* alimenté par de l'azote ammoniacal ; par contre, cet élément n'a que très peu d'effet quand on fournit à la levure des composés azotés organiques. Mais, pas plus que les précédentes, cette interprétation n'est entièrement satisfaisante. D'une part, il reste à savoir, dans le cas des Phanérogames parasites, sous quelle forme l'azote leur parvient. En effet, MAC LEOD (11) a montré que certaines CUSCUTES sont capables de synthétiser l'acide glutamique, en présence de NADH, à partir d'acide  $\alpha$ -céto-glutarique et d'azote minéral et d'effectuer des transaminations. Il est concevable qu'elles soient capables de synthétiser tous les acides aminés dont elles ont besoin à partir d'azote minéral et d'acides  $\alpha$ -cétoniques. D'autre part, on sait que les cultures de tissus, alimentées par de l'azote minéral nitrique, se contentent de faibles quantités de calcium (7).

Migration difficile du calcium entre l'hôte et le parasite, absence d'activité chlorophyllienne, apport de l'azote sous forme organique : ces trois hypothèses contiennent sans doute chacune une part de vérité. Toute autre conclusion serait prématurée. Préciser les relations entre le métabolisme du calcium et les caractères particuliers de la nutrition des Phanérogames parasites aurait, dans la ligne actuelle des recherches sur cet élément (3), un intérêt tout à fait général.

#### RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Les macro-éléments et les différentes formes de l'azote et du calcium ont été dosés chez le *Cynomorium coccineum* et quelques autres Phanérogames parasites nord-africaines, dépourvues ou faiblement pourvues de chlorophylle, ainsi que chez leurs hôtes.

Les résultats des dosages d'éléments totaux recourent des observations anciennes, mais le fait que la diminution du taux du calcium total chez les parasites s'accompagne d'une distribution différente de cet élément entre ses diverses formes chimiques n'avait jamais été signalé. Le *Cynomorium* et le *Cytinus* se distinguent ainsi de leurs hôtes par :

1° Une très forte augmentation du pourcentage du calcium soluble par rapport au calcium total ;

2° Une très forte diminution de la fraction du calcium extraite par l'acide chlorhydrique ;



3° Une diminution relativement beaucoup moins importante de la fraction du calcium extraite par l'acide acétique.

Ces résultats peuvent être interprétés en fonction d'une difficulté de migration du calcium entre l'hôte et le parasite ou en fonction de l'hétérotrophie : absence de chlorophylle, apport de l'azote sous forme organique. Chacune de ces hypothèses contient probablement une part de vérité. Une connaissance plus précise des liens entre le métabolisme du calcium et les caractères particuliers de la nutrition des Phanérogames parasites aurait un intérêt tout à fait général.

#### REMERCIEMENTS.

Nous remercions bien vivement MM. HAMZA, Directeur du C.R.P.Z.A., et NABLI, Assistant de Botanique, de l'Université de Tunis, grâce auxquels la plupart de nos échantillons ont pu être récoltés.

#### BIBLIOGRAPHIE.

1. ANSIAUX (J. R.), Sur l'alimentation minérale des Phanérogames parasites. *Ac. roy. Bel., Bull. Cl. Sc.*, 44, n° 9, 787-92, 1958.
2. BIDDULPH (O.), CORY (R.) et BIDDULPH (S.), Translocation of calcium in the bean plant. *Plant Physiol.*, 34, 513-19, 1959.
3. BOLLARD (E. G.) et BUTLER (G. W.), Mineral nutrition of plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 17, 77-112, 1966.
4. BORESCH (K.), Gehalt der Pflanzen an Mineralstoffen. *Tabulae Biologicae* (Den Haag), 10, 315-53 et 11, 136-91, 1935.
5. COIC (Y.), LESAIN (C.) et GRANDJEAN (M.), Sur la composition minérale des espèces et organes végétaux et leur déterminisme. *Ann. Physiol. vég.*, 5 (4), 293-301, 1963.
6. COIC (Y.), LESAIN (C.) et PAPIN (J. L.), Comparaison des tissus chlorophylliens ou non chlorophylliens (albinisme) quant aux anions et cations chez le Marronnier panaché (*Aesculus hypocastanus*) et l'Érable panaché (*Acer negundo*). *Ann. Physiol. vég.*, 6 (1), 17-24, 1964.
7. HELLER (R.), Recherches sur la nutrition minérale des tissus végétaux cultivés *in vitro*. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 2<sup>e</sup> série, 14, 1-223, 1953.
8. KERTESZ (Z. I.), The pectic substances. *Inter-science Publ.*, New York et Londres, 1951.
9. KOSTYTSCHEW (S.) et BERG (V.), Die Form der Calcium Verbindungen in lebenden Pflanzengewebe. *Planta*, 8, 55-67, 1929.
10. LOMANDER (L.), Influence of calcium and zinc on the growth of *Saccharomyces pastorianus*. *Physiol. Plant.*, 18, 153-58, 1965.
11. MAC LEOD (D. G.), The parasitism of *Cuscuta*. *New Phytologist*, 62, 3, 257-63, 1963.
12. MERTZ (D.), Effect of ethylenediamine-tetracetic acid (EDTA) on ion uptake and retention by the protoplasmic particulates. *Physiol. Plant.*, 14, 844-50, 1961.
13. MOLLARD (M.), Comparaison des galles et des fruits au point de vue physiologique. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 59, 201-4, 1912.
14. — L'azote dans les feuilles panachées et les feuilles normalement dépourvues de chlorophylle. *Ibid.*, 341-345, 1912.
15. — Recherches physiologiques sur les galles. *Rev. gén. Bot.*, 25, 225-52, 285-307 et 341-70, 1913.
16. NICOLOFF (T.), Contribution à la physiologie de la nutrition des parasites végétaux supérieurs. *Rev. gén. Bot.*, 35, 545-552 et 593-601, 1923.
17. O'KELLEY (J. C.) et HERNDON (W. R.), Alkaline earth elements and zoospore release and development in *Protosiphon Botryoides*. *Amer. J. Bot.*, 48, 796-802, 1961.
18. OZENDA (P.), Recherches sur les Phanérogames parasites. I. Revue des travaux récents. *Phytomorphol.*, 15, 311-18, 1965.

19. PIREYRE (N.), Contribution à l'étude morphologique, histologique et physiologique des cystolithes. *Rev. Cytol. Biol. vég.*, 23, 93-320, 1961.
20. — Étude de la répartition du calcium dans les feuilles du *Parietaria officinalis* L. *C. R. Acad. Sc.*, 257, 954-956, 1963.
21. SCHEIDECKER (D.), La nutrition minérale des Phanérogames parasites et des greffes. Intérêt de ces plantes comme matériel d'étude. *Ann. Biol.*, 4<sup>e</sup> série, 2, 307-36, 1963.
22. — La nutrition des Phanérogames parasites. *Ann. Biol.*, 4<sup>e</sup> série, 5, 417-46, 1966.
23. SCHEIDECKER (D.) et CONNAN (A.), Influence de concentrations croissantes du potassium dans le milieu sur l'accumulation et l'utilisation du calcium par le *Lycopersicon racemigerum*. *C. R. Acad. Sc.*, 263, 1451-1454, 1966.
24. SCHMUCKER (T.), Höhere Parasiten, in *Handbuch der Pflanzenphysiologie*. Ed. Springer, 11, 480-529, 1959.
25. WEDDELL (H. A.), Mémoire sur le *Cynomorium coccineum*. *Arch. Museum Hist. nat. Paris*, 10, 267-308, 1858-61.

**BULLETIN**  
**DE LA**  
**SOCIÉTÉ BOTANIQUE**  
**DE FRANCE**

FONDÉE LE 23 AVRIL 1854 ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT  
D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 17 AOUT 1875.

*Publication subventionnée par le Centre national de la Recherche Scientifique.*

---

**Tome 113**

---

**EXTRAIT**

---

4, Avenue de l'Observatoire  
**PARIS (VI<sup>e</sup>)**  
—  
1966

ORSTOM Fonds Documentaire  
N° : 29.701 ep1  
Cote : 6