

Filière Biologie Végétale Appliquée
Semestre S5
Module B-511

Planches du Cours

Microbiologie du Sol

PLANCHE 1

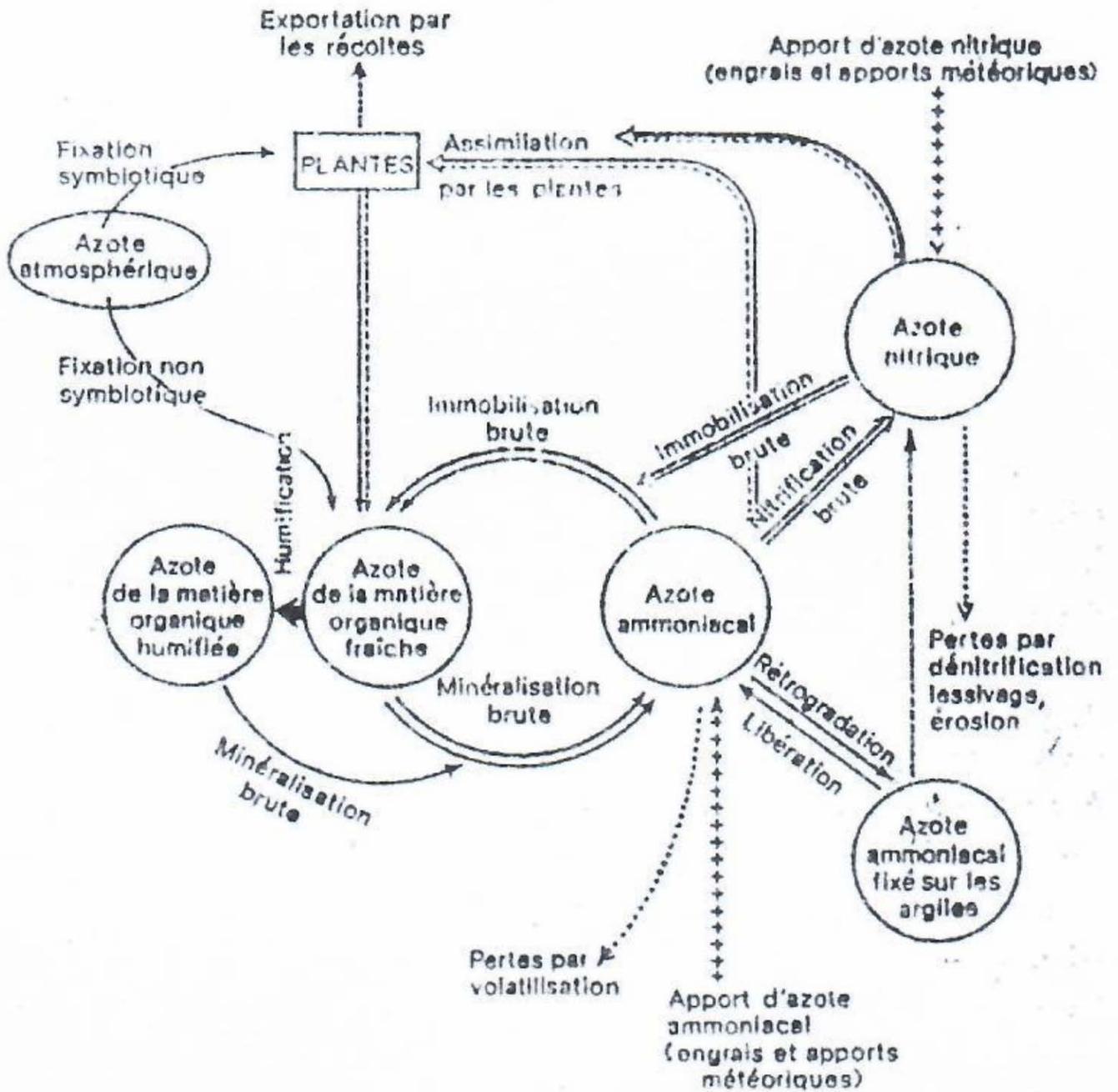


Fig. 9. — Transformations microbiennes de l'azote

Le cycle interne de l'azote est représenté par un trait double. Le cycle externe ou cycle biogéochimique est représenté par un trait plein doublé d'un trait interrompu.

PLANCHE 2

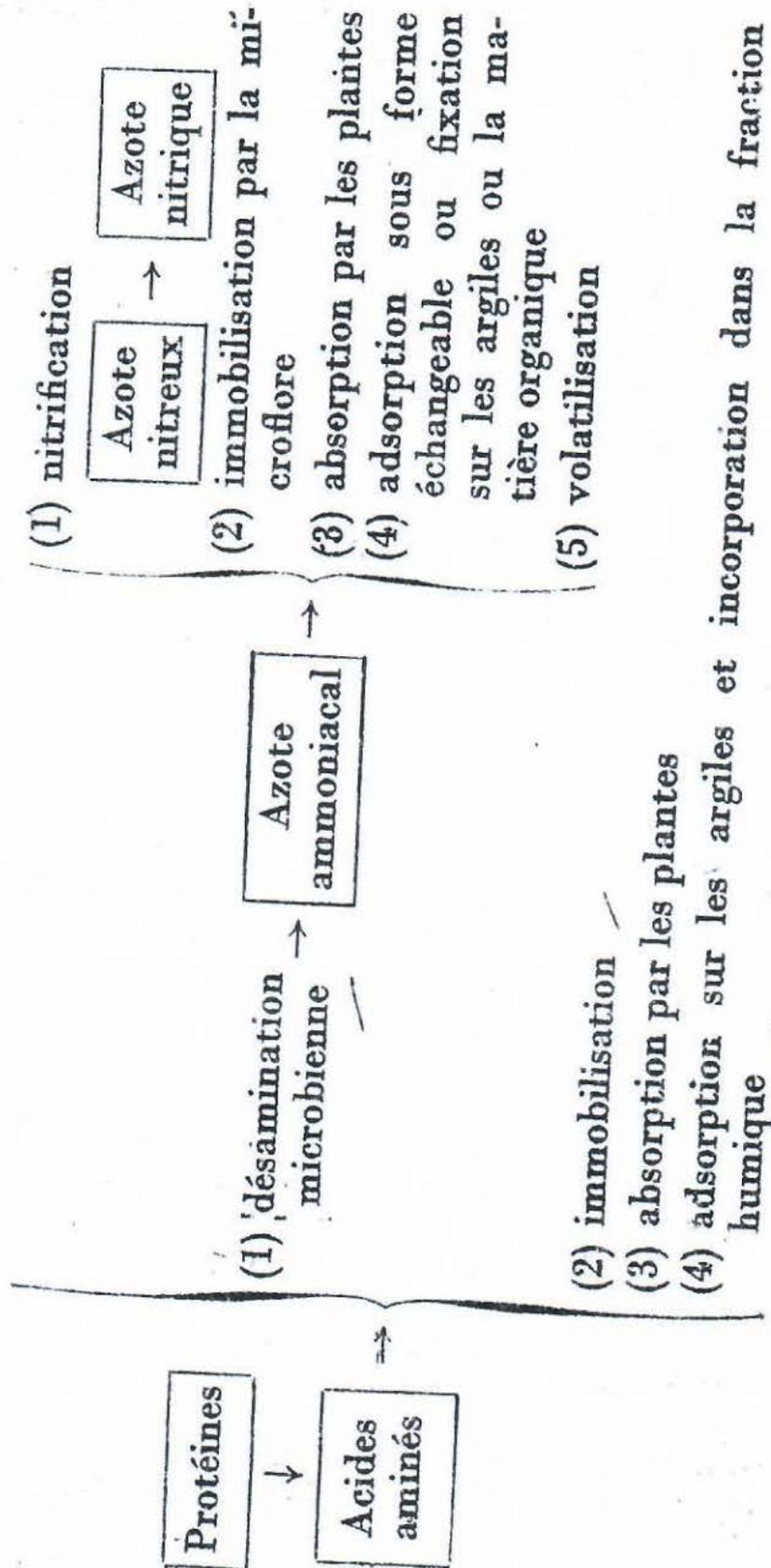


Fig. 10. — Principales étapes de la dégradation des protéines avec indication du devenir multiple de l'azote aminé et ammoniacal

PLANCHE 3

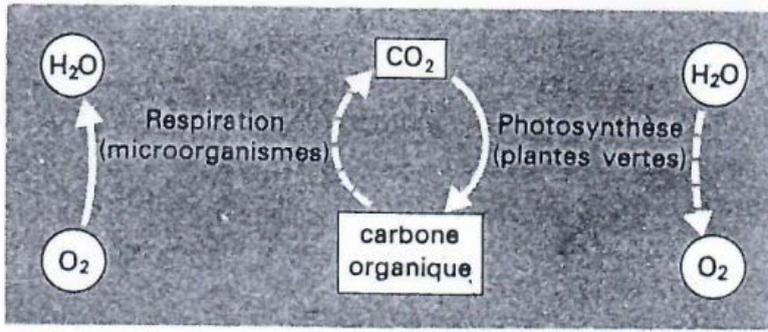


Fig. - Cycle du carbone.
Le CO_2 atmosphérique est assimilé par les plantes vertes et réduit en composés organiques végétaux et animaux. Ceux-ci sont oxydés par les microorganismes en CO_2 . Corrélativement, la photosynthèse conduit à l'oxygène moléculaire nécessaire à l'oxydation du substrat organique.

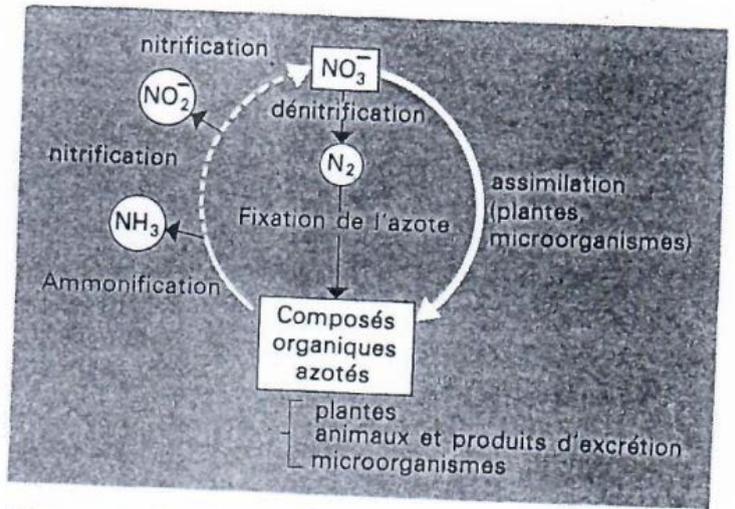


Fig. - Cycle de l'azote.
L'azote atmosphérique et les nitrates sont assimilés par les plantes selon divers mécanismes et transformés en composés organiques azotés. Ceux-ci sont, tour à tour et sous l'action des micro-organismes, réduits en ammoniac, puis oxydés en nitrates.

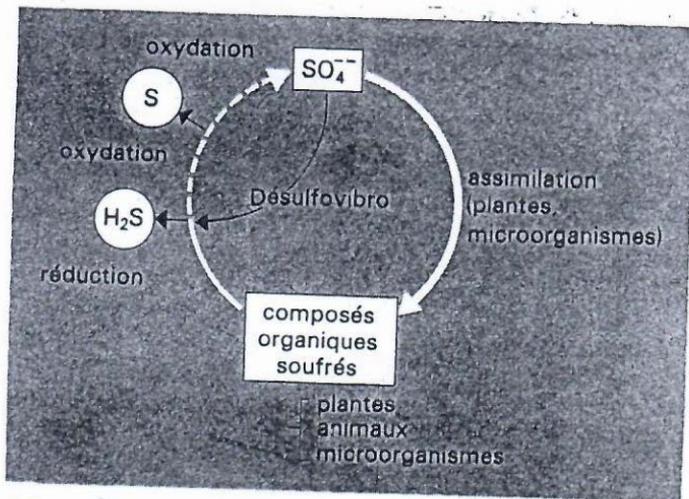


Fig. - Cycle du soufre.
Les sulfates sont assimilés par les végétaux et incorporés dans des composés organiques. Ceux-ci sont décomposés en H_2S , puis oxydés en soufre et en sulfate sous l'action des micro-organismes.

PLANCHE 4

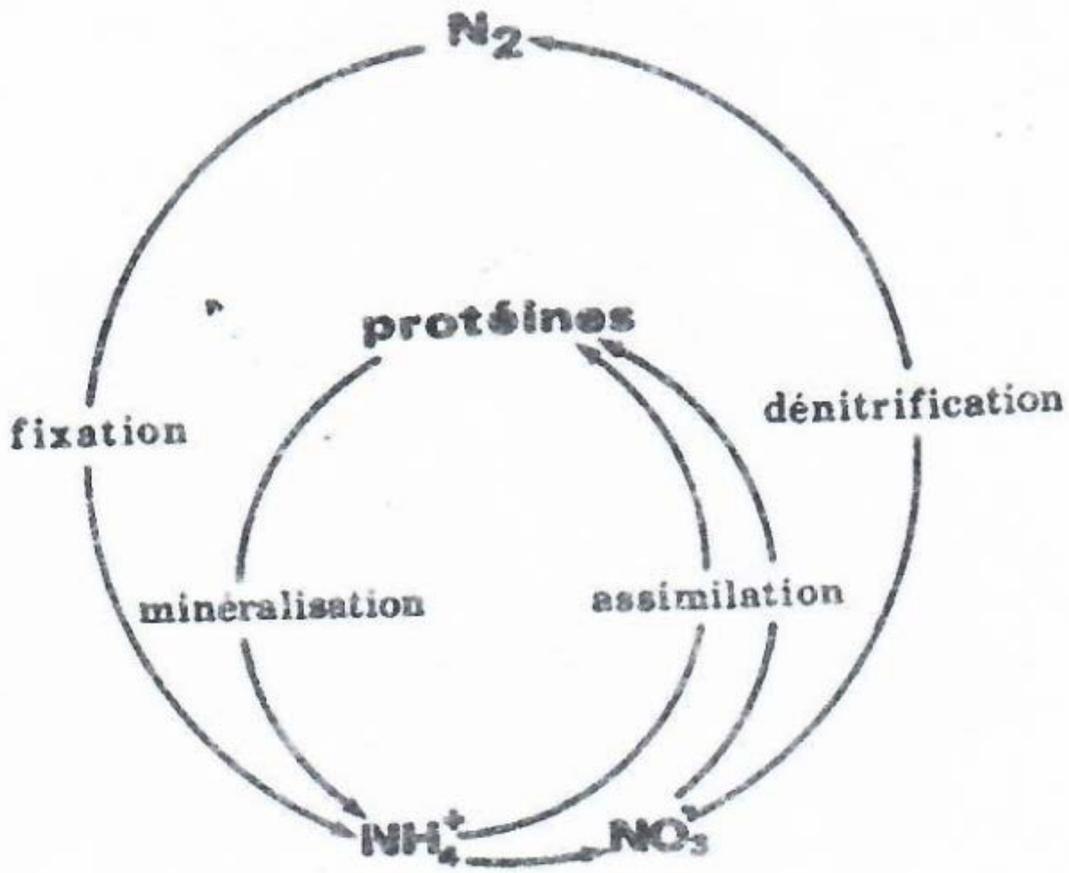


FIG. 1.1. - Le cycle de l'azote dans la biosphère.

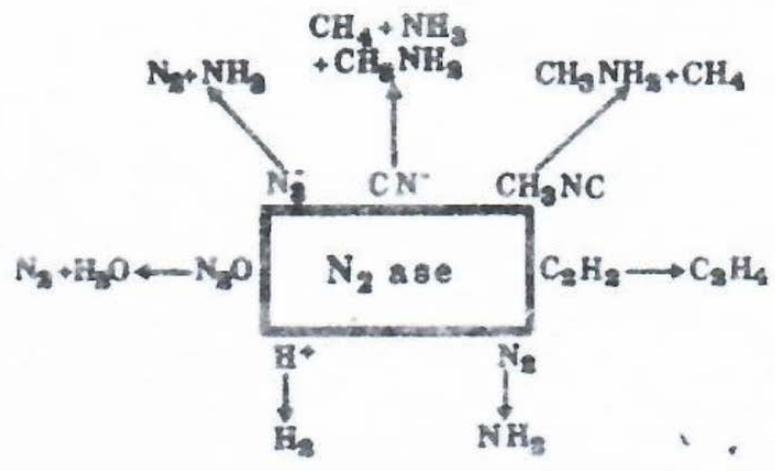


FIG. 1.2. - Les principales réactions de réduction catalysées par la nitrogénase.

PLANCHE 5

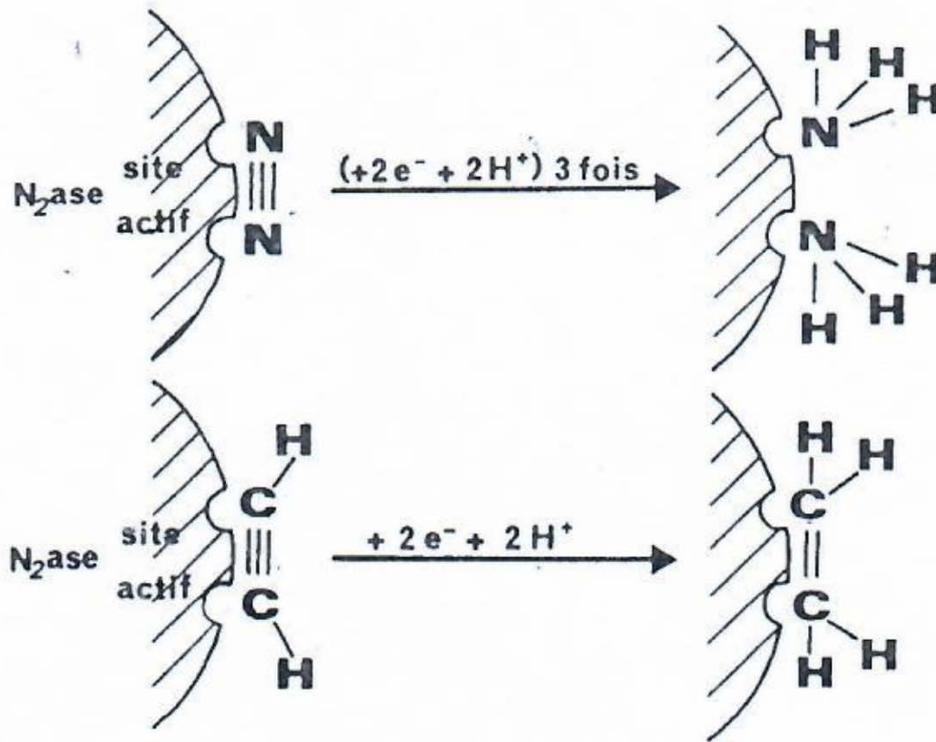


FIG. 1.3. — Représentation schématique de la réduction de l'azote et de l'acétylène par la nitrogénase soulignant les analogies de structure de ces deux substrats.

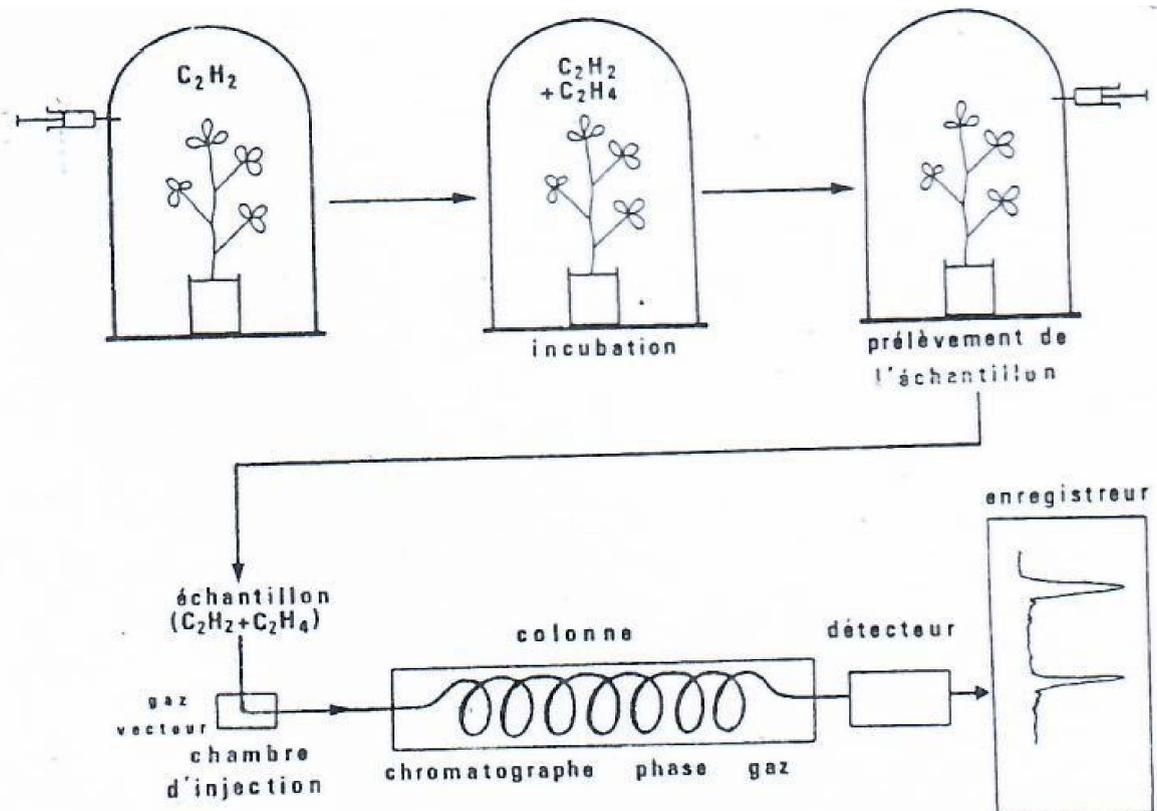


FIG. 1.4. — Principe de la technique de mesure de l'activité fixatrice d'azote par la méthode de la réduction de l'acétylène.

TABLEAU I. — Les bactéries libres fixatrices d'azote

	Genres	Espèces les plus importantes
HÉTÉROTROPHES		
<u>Aérobies</u>		
Azotobacteraceae	{ Azotobacter Azomonas Beijerinckia Derxia	(<i>A. chroococcum</i> , <i>A. vinelandii</i>) (<i>B. indica</i>)
Oxydants du méthane	{ Methylomonas Methylococcus Methylosinus	
	* «Spirillum»	(<i>S. lipoferum</i>)
<u>Facultativement anaérobies</u>		
Enterobacteriaceae	{ Klebsiella Enterobacter Citrobacter	(<i>K. pneumoniae</i>)
	<u>Bacillus</u>	(<i>B. polymyxa</i>)
<u>Anaérobies obligé</u>		
Sulfato-réducteurs	{ Clostridium Desulfotomaculum Desulfovibrio	(<i>C. pasteurianum</i>)
CHIMIOTROPHES		
	Thiobacillus	(<i>T. ferrooxidans</i>)
	* «Corynebacterium»	(<i>C. autotrophicum</i>)
PHOTOTROPHES		
Sulfureuses	{ Chlorobium Chromatium	(<i>C. vinosum</i>)
Non-sulfureuses	{ Rhodospirillum Rhodomicrobium Rhodopseudomonas	(<i>R. rubrum</i>)

* La position taxonomique de ces bactéries a été revue (voir le texte).

PLANCHE 6 bis

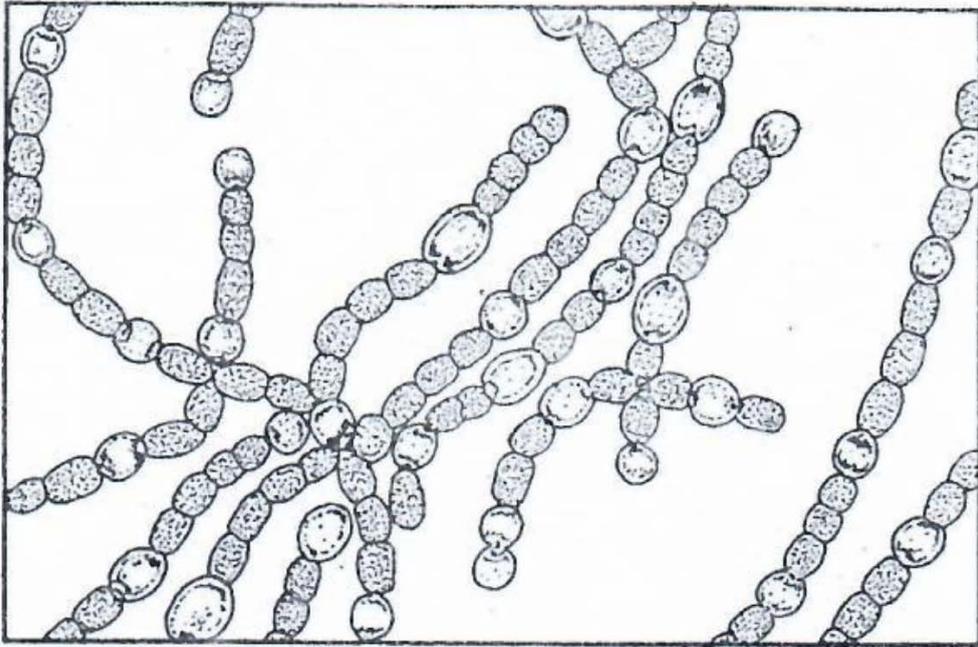


FIG. 4.9. — *A. azollae* isolée d'une cavité foliaire avec ses nombreux hétérocystes, d'après Peters et Mayne, 1974, Plant Physiol., 53, 813.

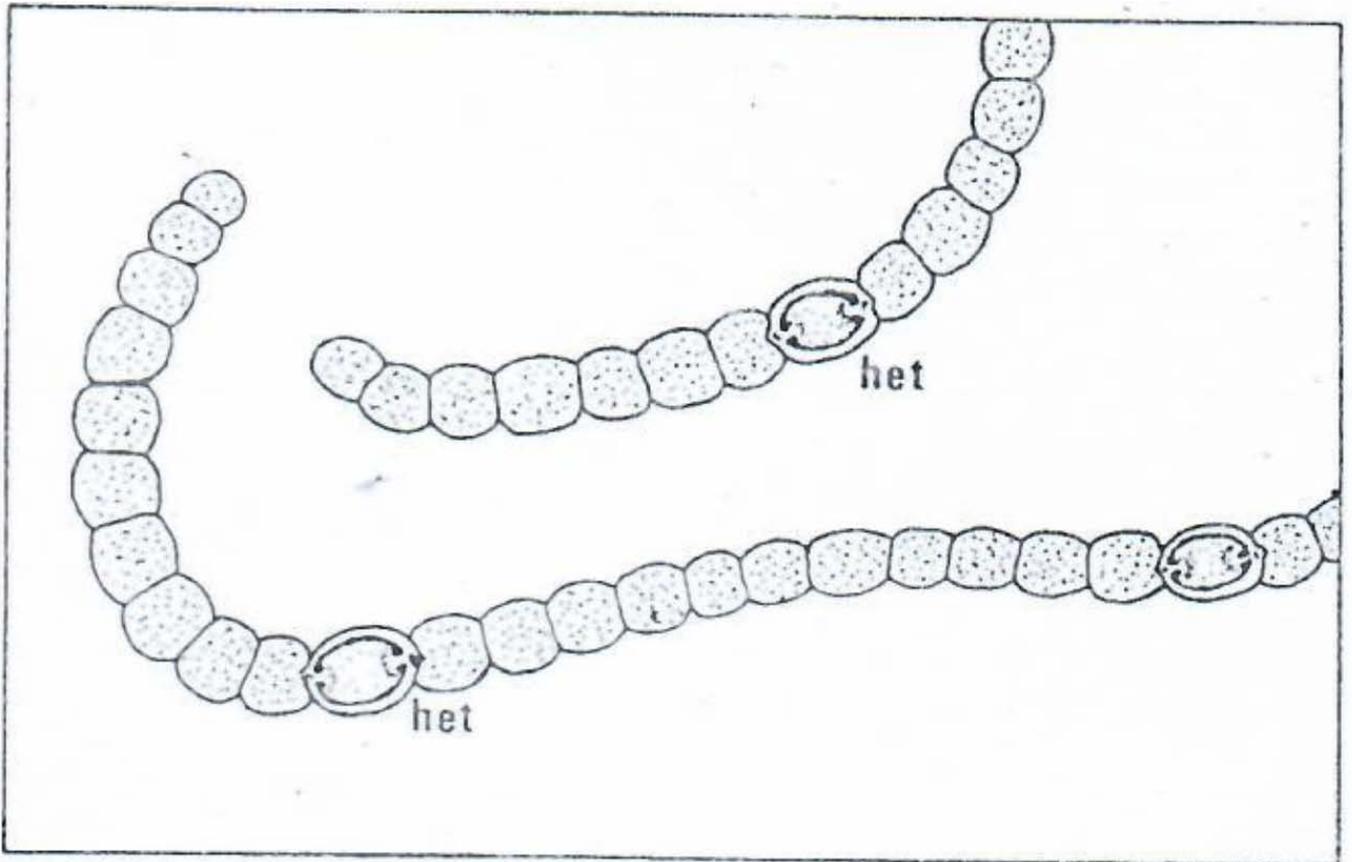


FIG. 2.6. — Fragments de filaments d'*Anabaena* pourvus d'hétérocystes (*het*).

PLANCHE 7

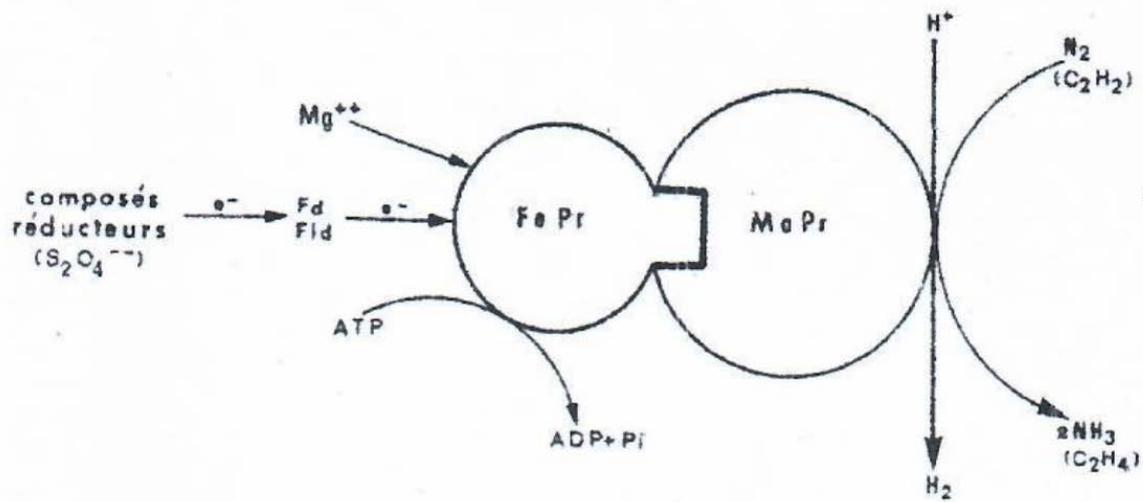


FIG. 3.1. — Schéma du mécanisme de réduction de l' N_2 catalysée par la nitrogénase.

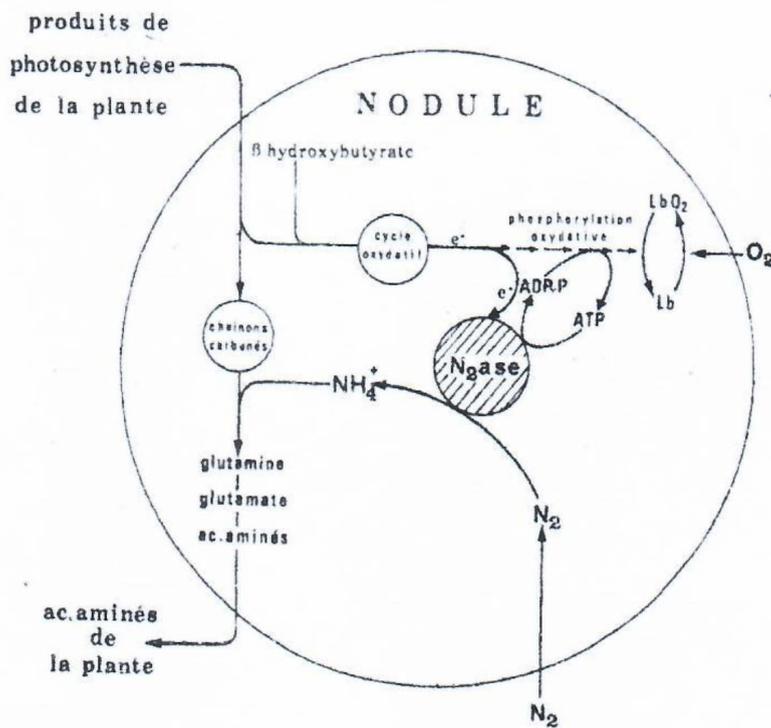


FIG. 5.14. — Schéma général simplifié de la fixation symbiotique de l'azote au niveau des nodules (N_2ase = nitrogénase ; Lb = légghémoglobine).

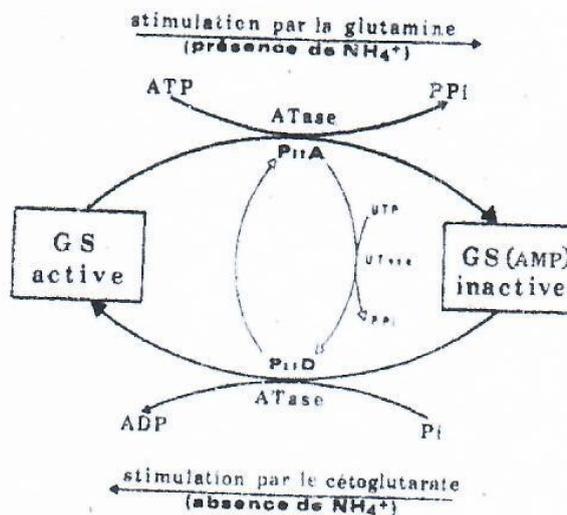


FIG. 3.13. — Mécanisme de l'adénylylation et de la désadénylylation de la glutamine synthétase.

TABLEAU II. — Propriétés des composants de la nitrogénase de quelques bactéries fixatrices

Micro-organismes	Composants	P.M.	Nombre de sous-unités	Nombre d'atomes-grammes par molécule de :		
				Mo	Fe	S ²⁻
<i>C. pasteurianum</i>	MoPr	220 000	2 + 2	1,2	22	22
	FePr	57 674	2	0	4	4
<i>A. vinelandii</i>	MoPr	250 000	2 + 2	2	27	33
	FePr	64 000	2	0	4	4
<i>K. pneumoniae</i>	MoPr	218 000	2 + 2	1	17	17
	FePr	66 800	2	0	4	4
<i>B. polymyxa</i>	MoPr	215 000	—	2	33	21
	FePr	55 500	—	0	3,2	3,6
<i>C. autotrophicum</i>	MoPr	232 000	2 + 2	2,2 ^c	23	20
	FePr	72 600	2	0	3,8	2,4
<i>R. lupini</i>	MoPr	194 000	4	1	18-20	—
	FePr	65 000	2	0	3-4	—
<i>Rh. rubrum</i>	MoPr	215 000	4	2	25-30	19-22
	FePr	65 000	2	0	3,8-4,5	2,8-5,0

Principales références utilisées : pour *C. pasteurianum* : Huang et coll. (1971), Nakos et coll. (1973), Tanaka et coll. (1977) ; pour *A. vinelandii* : MoPr : Lundell et Howard (1978), FePr : Kleiner et coll. (1974) et d'autres ; pour *K. pneumoniae* : Eady et coll. (1972) ; pour *B. polymyxa* : Emerich et Burris (1978) ; pour *Corynebacterium autotrophicum* : Berndt et coll. (1978) ; pour *Rhizobium lupini* : Whiting et Dilworth (1974) ; pour *Rhodospirillum rubrum* : Nordlund et coll. (1978).

TABEAU III. — Complémentarité entre les composants de la nitrogénase des principales bactéries fixatrices

Ferroprotéine	Molybdoprotéine						
	A.v.	A.c.	M.f.	K.p.	B.p.	C.p.	R.j.
<i>Azotobacter vinelandii</i> (A.v.)	+	0	0	+	+	-	+
<i>Azotobacter chroococcum</i> (A.c.)	0	+	±	+	+	0	0
<i>Mycobacterium flavum</i> (M.f.)	0	+	+	+	+	0	0
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (K.p.)	+	+	+	+	+	tr	+
<i>Bacillus polymyxa</i> (B.p.)	+	tr	+	+	+	±	+
<i>Clostridium pasteurianum</i> (C.p.)	-	0	-	tr	+	+	-
<i>Rhizobium japonicum</i> (R.j.)	+	0	0	+	+	-	+

Symboles : + : activité de 50 à 100 % ; ± : activité de 20 à 50 % ; tr : traces ; - : absence d'activité ; 0 : activité non recherchée.

Références utilisées : Biggins et coll. 1971 ; Dahlen et coll. 1969 ; Detroy et coll. 1968 ; Emerich et coll. 1978 ; Kelly 1969 ; Murphy et coll. 1971.

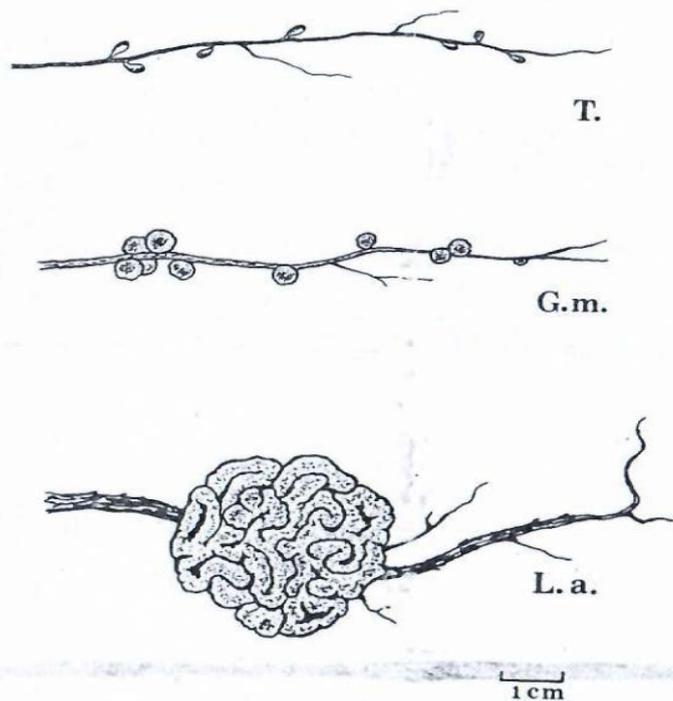


FIG. 5.3. — Nodules racinaires de trèfle (*Trifolium*), de soja (*Glycine max*), et de *Lupinus arboreus* (formation perenne).

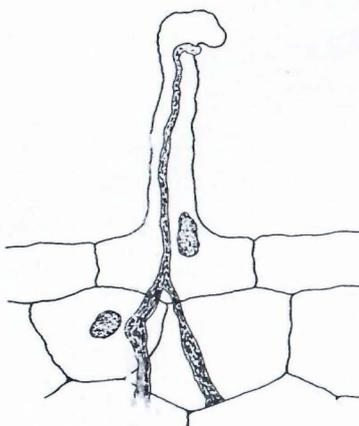


FIG. 5.1. — Formation du filament d'infection au niveau d'un poil racinaire.

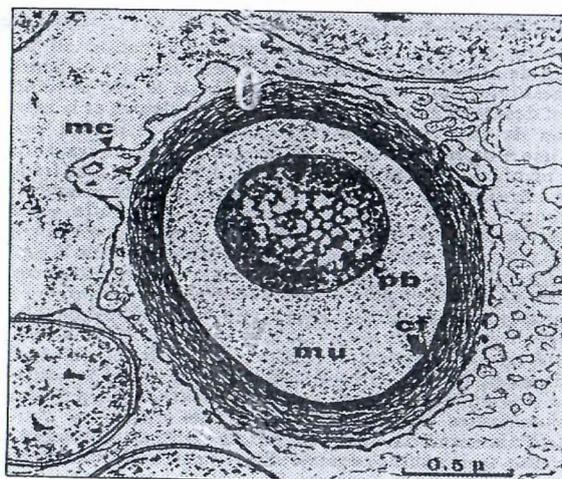


FIG. 5.2. — Section transversale d'un cordon d'infection limité par une couche fibrillaire cellulosique (cf) avec une bactérie dans le mucilage (mu) - (pb = paroi bactérienne; mc = membrane entourant le cordon infectieux). Nodule de *Trifolium repens* L. - d'après une micrographie électronique de Gouret et coll., 1974. Can. J. Microbiol., 20, 1169-1181.

PLANCHE 11

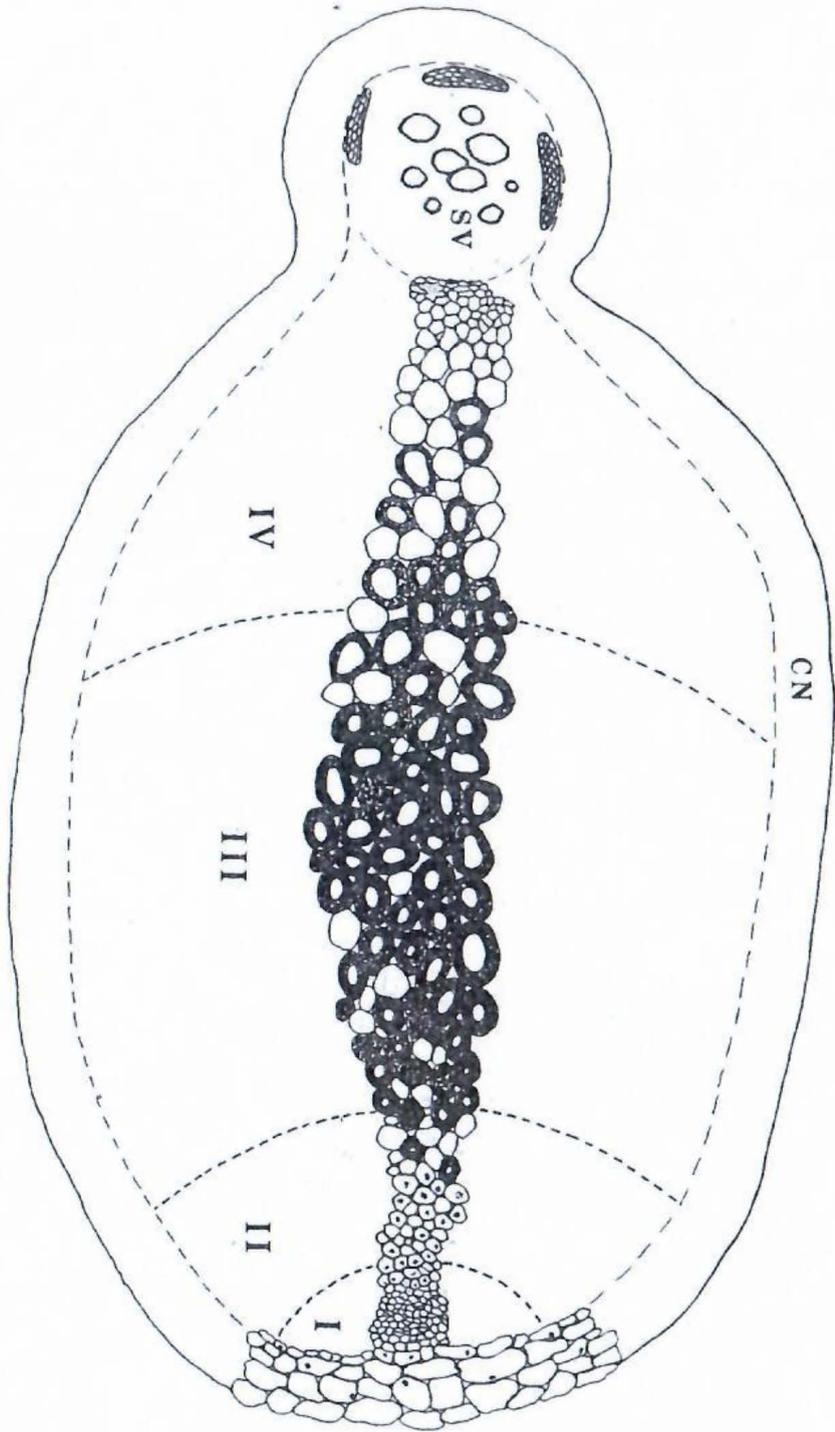


FIG. 5.7. — Schéma d'une section longitudinale d'un nodule (type pois) (CN = cortex nodulaire ; I = zone méristématique ; II = zone d'accroissement cellulaire et d'invasion ; III = zone bactérienne fixatrice ; IV = zone de dégénérescence).