

DÎNERS BOTANIQUES

Vendredi 21
novembre 2014

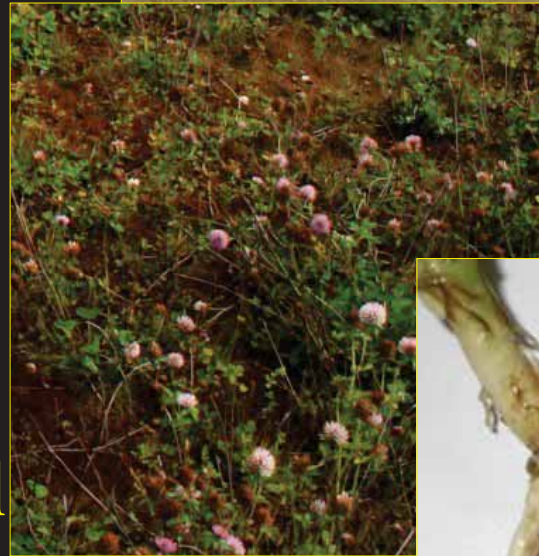
12h20 – 13h15

Local 3408

Pavillon Paul-

Comtois

Université Laval



« Plantes de végétalisation des sites miniers du nord du Québec et leurs symbioses racinaires »

présentation: Christine Juge



M E R D U L A B R A D O R

Hopedale

Schefferville

Labrador

Smallwood Reservoir

Naskaupi

Carwright

Labrador City

Happy Valley-Goose Bay

Goose-Bay

Lac Ashuanipi

Nefashquan

Rivière du Petit Mécatina

Henley Harbour

Détroit de Belle-Île, Canada

St-Augustin

Québec

Maggie

LAURENTIDES
Rivière
Manicouagan
SEPT-ÎLES-
PORT-CURTIER

Sept-Îles

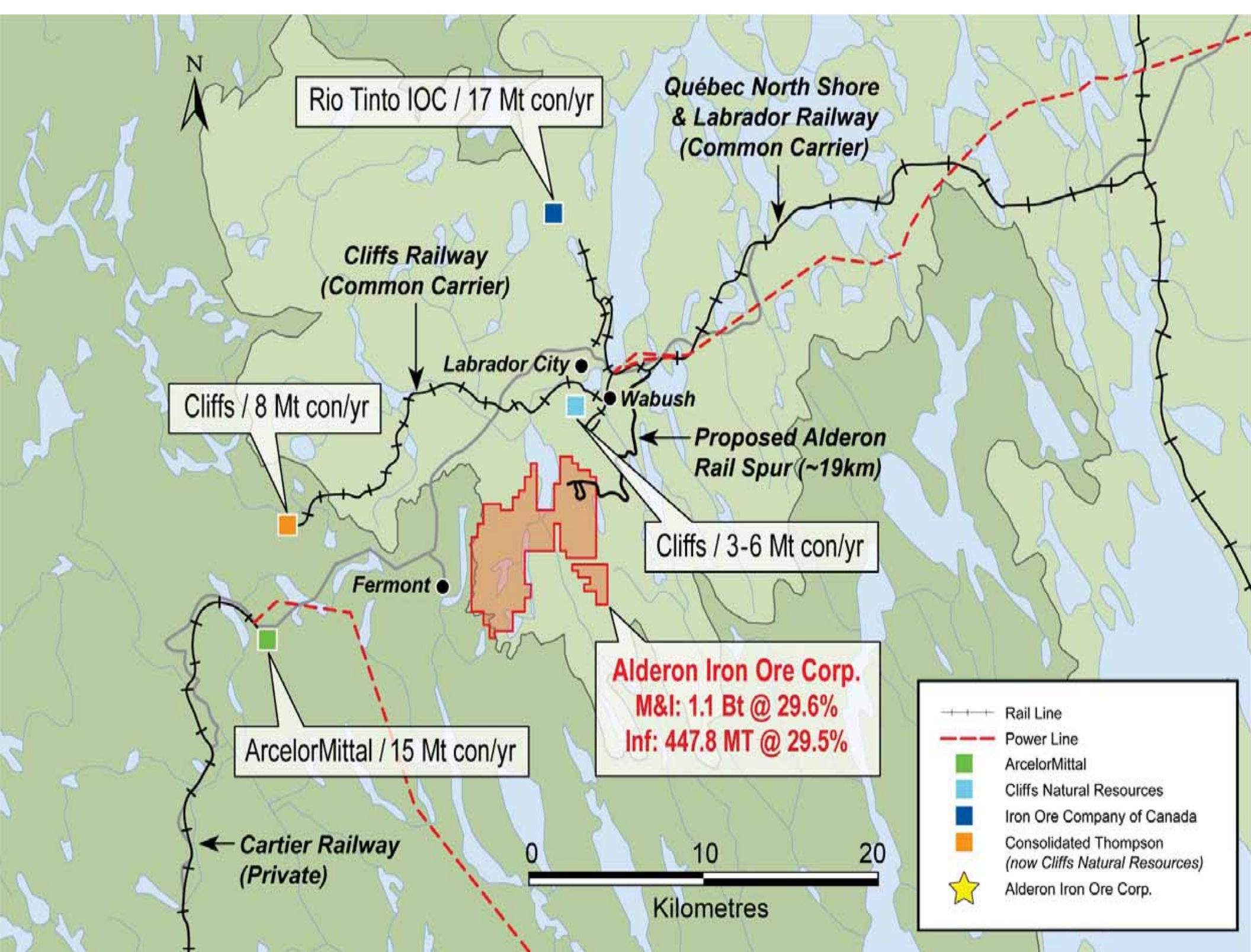
Baie-Comeau

PARC
NATIONAL DU
GROS-MORNE

Terre-Neuve

Golfe du Saint-Laurent

Sandy Lake



Rio Tinto IOC / 17 Mt con/yr

Québec North Shore & Labrador Railway
(Common Carrier)

Cliffs Railway
(Common Carrier)

Cliffs / 8 Mt con/yr

Labrador City

Wabush

Proposed Alderon
Rail Spur (~19km)

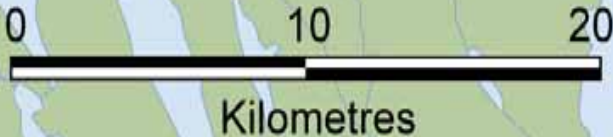
Cliffs / 3-6 Mt con/yr

Fermont

Alderon Iron Ore Corp.
M&I: 1.1 Bt @ 29.6%
Inf: 447.8 MT @ 29.5%

ArcelorMittal / 15 Mt con/yr

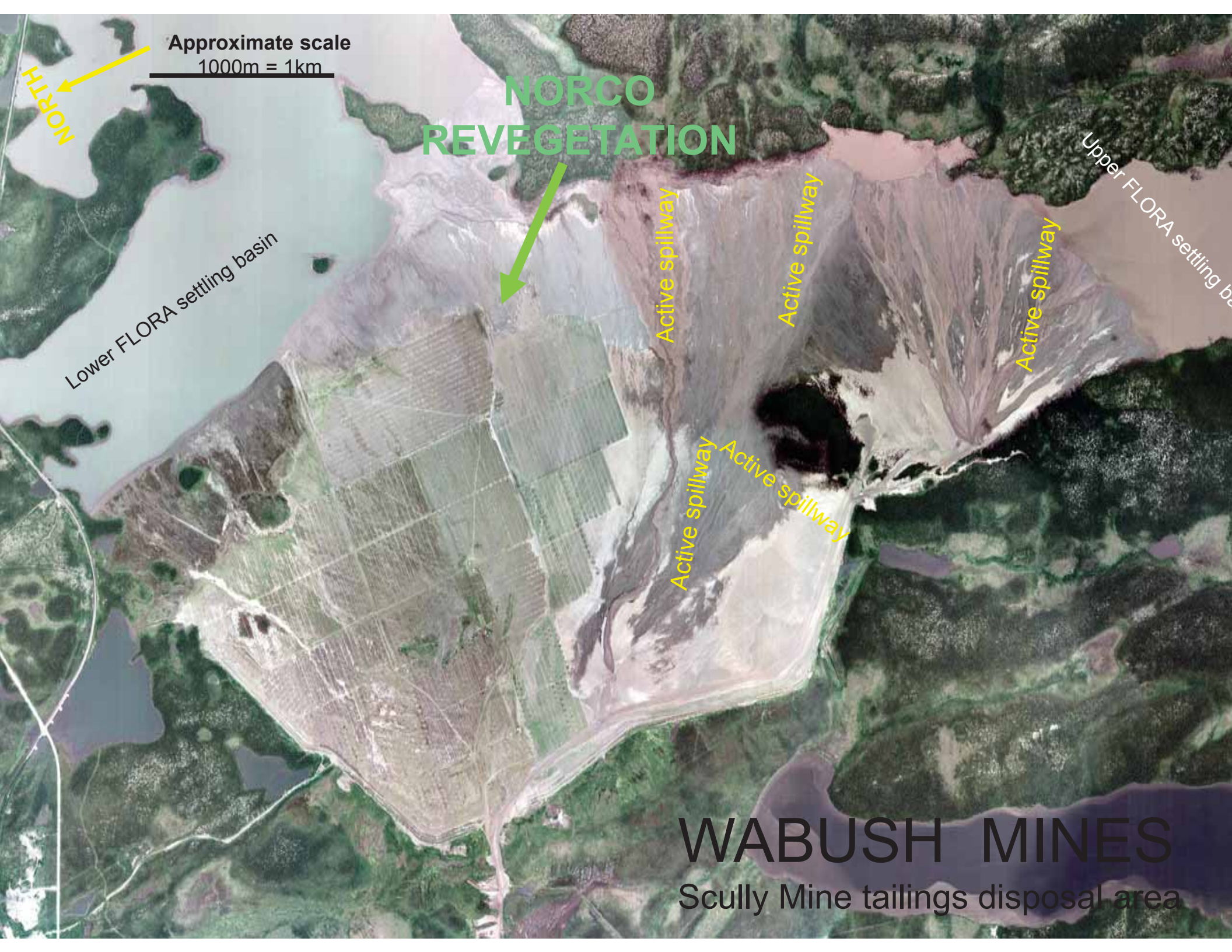
Cartier Railway
(Private)



---+---	Rail Line
---	Power Line
■ (Green)	ArcelorMittal
■ (Light Blue)	Cliffs Natural Resources
■ (Dark Blue)	Iron Ore Company of Canada
■ (Orange)	Consolidated Thompson (now Cliffs Natural Resources)
★ (Yellow)	Alderon Iron Ore Corp.

4 sites de résidus miniers en cours de végétalisation

- **Site de Wabush (Labrador Ouest) depuis 1996 : 1150 ha**
- **Site d'IOCC (Labrador Ouest) depuis 1999 : 965 ha**
- **Site du Mont-Wright (Québec) depuis 2010 : 1500 ha**
- **Site du Lac Bloom (Québec) depuis 2012 :
nouveau parc à résidus (très vaste)**



Approximate scale
1000m = 1km

NORTH

NORCO
REVEGETATION

Lower FLORA settling basin

Active spillway

Active spillway

Active spillway

Upper FLORA settling basin

Active spillway

Active spillway

WABUSH MINES
Scully Mine tailings disposal area

Végétalisation NORCO: étapes et technologies

- ☒ Système d'irrigation (Wabush, 1996-2006)
- ☒ Paillis = contrôle de l'érosion éolienne; haies micro brise-vents
- ☒ Semis direct de graines d'herbacées adaptées
- ☒ Plantation éventuelle de ligneux indigènes
- ☒ Bio-fertilisation: fumiers de volaille
- ☒ Hydrosemis sur les pentes
- ☒ Suivi annuel et fertilisation lorsque requis

Creusage de méandres et irrigation



Paillis pour contrôler l'érosion éolienne



Épandage d'amendements organiques



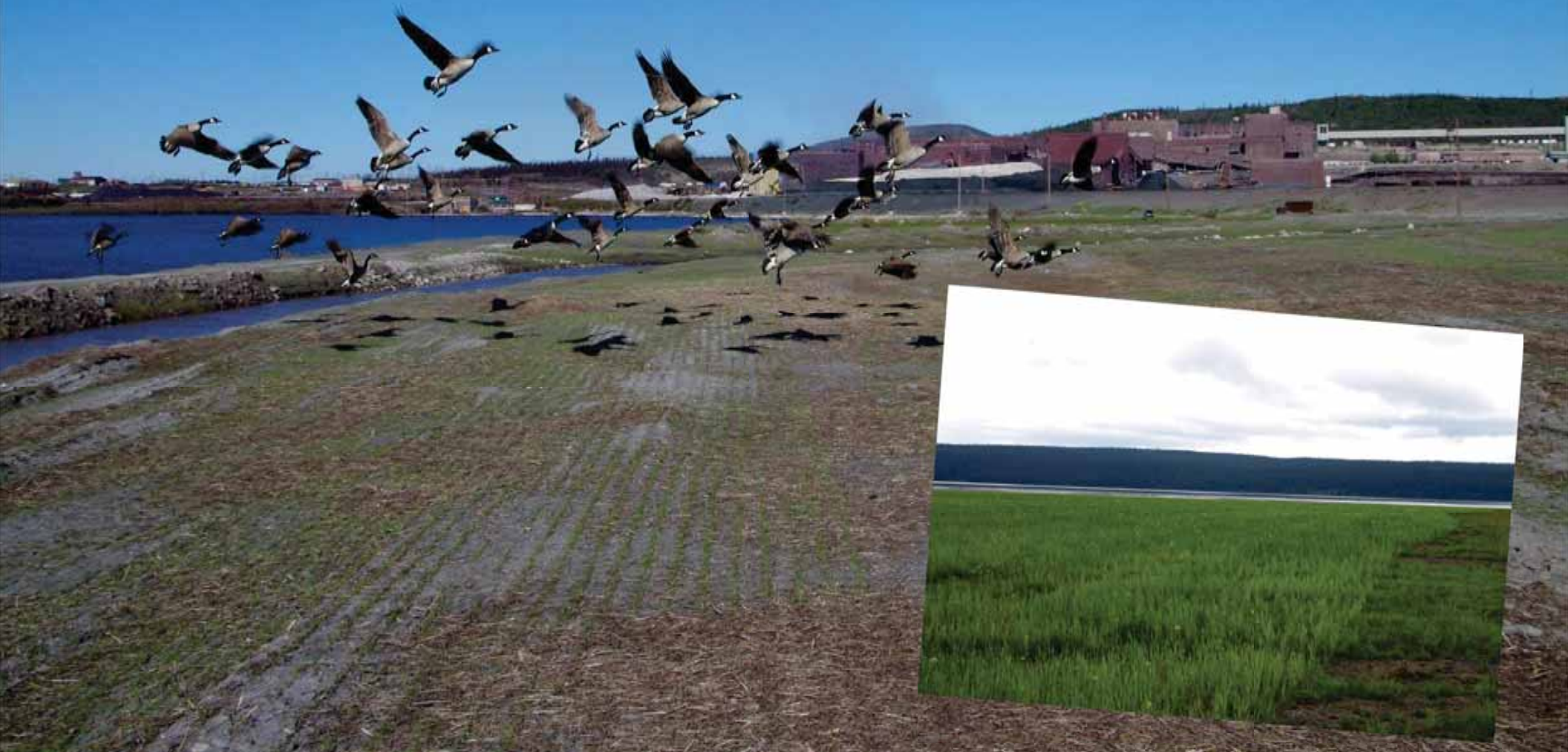
Bio-fertilisation: fumier de poules pondeuses séché granulé



Semis de graines adaptées



Levée des semis



Croissance de la végétation



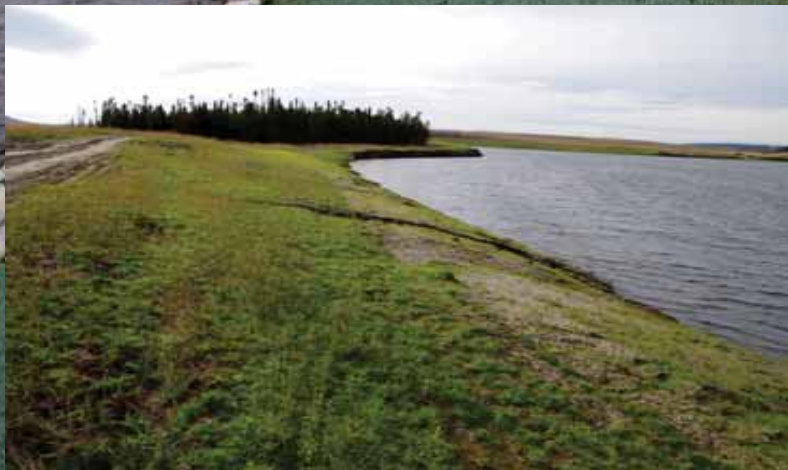
Plantations d'arbres et d'herbacées indigènes



50 000 saules brillants [*Salix lucida*] plantés



Hydrosemis sur les pentes



Hydrosemeis sur les pentes



Suivi annuel + re-fertilisation selon besoins

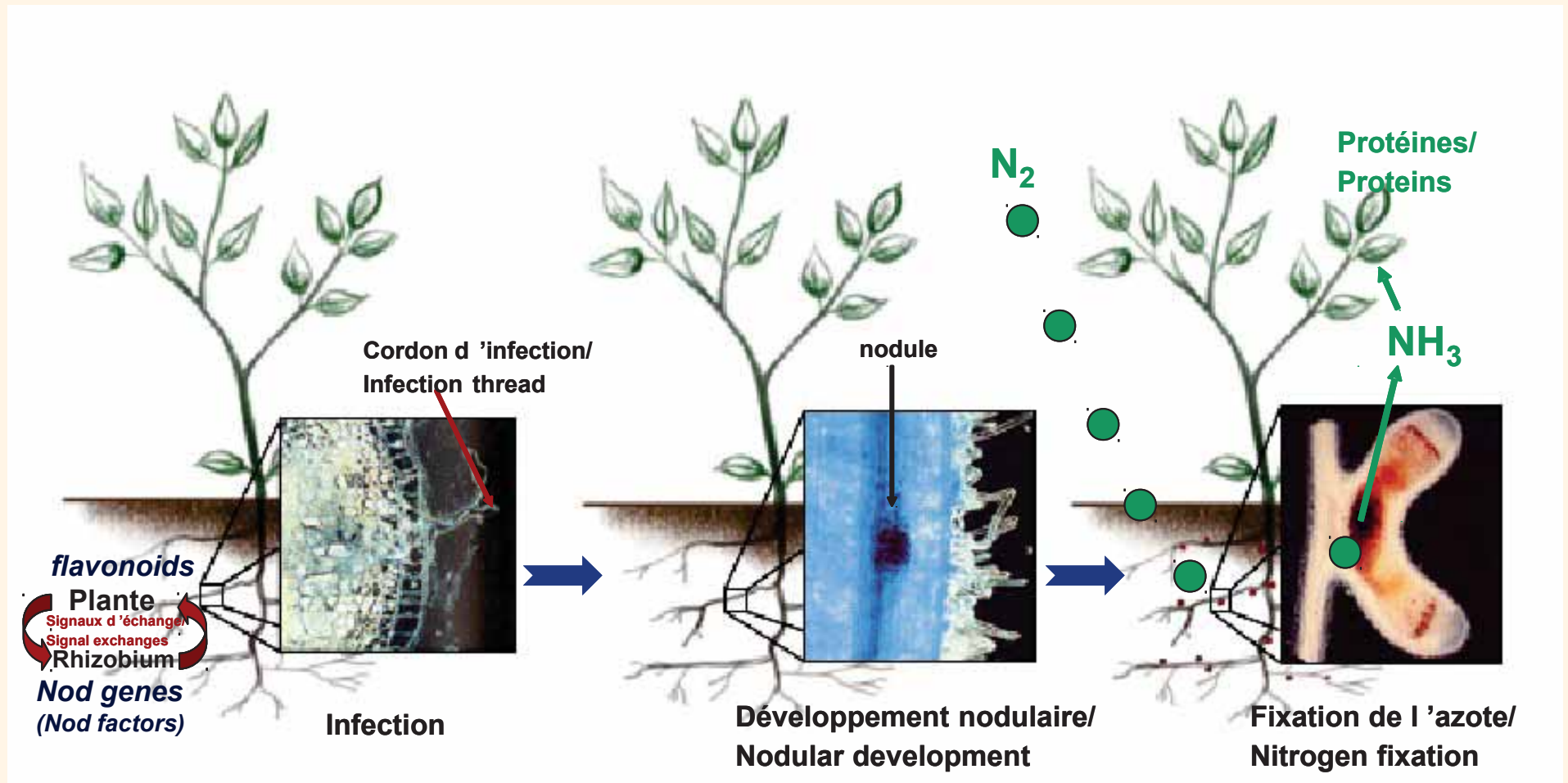


Échantillonnage 2014 sur les 4 sites miniers

Sur chaque site de résidus miniers :

- ▣ Prélèvement d'échantillons de plantes représentatives sur plusieurs parcelles végétalisées à des dates différentes : plantes entières + substrat
- ▣ Évaluation macroscopique de la nodulation racinaire (symbioses fixatrice d'azote et actinorhizienne)
- ▣ Conservation à 4°C des échantillons
- ▣ Analyse racinaire au laboratoire pour quantifier la mycorhization racinaire

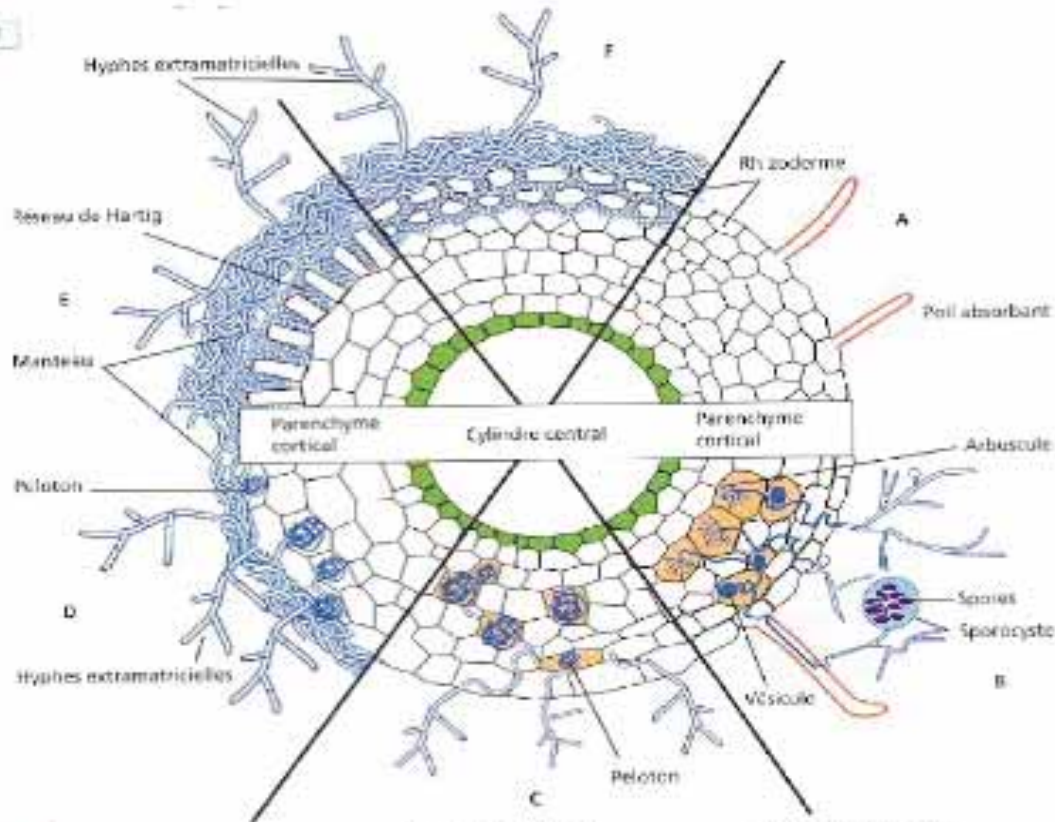
La symbiose rhizobium-légumineuses



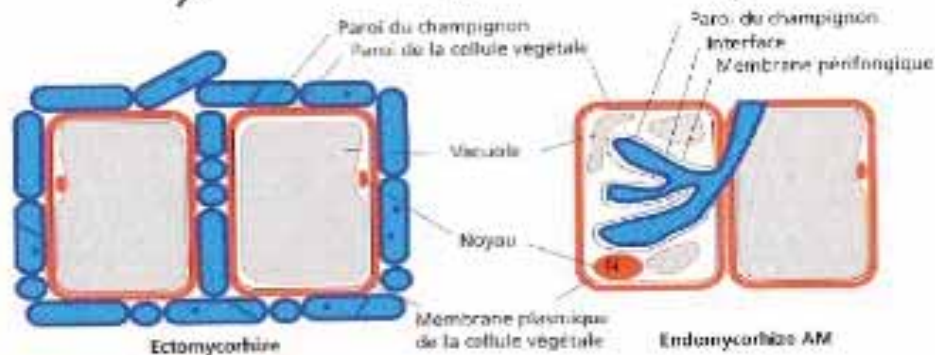
Les deux grands types de symbioses mycorhiziennes



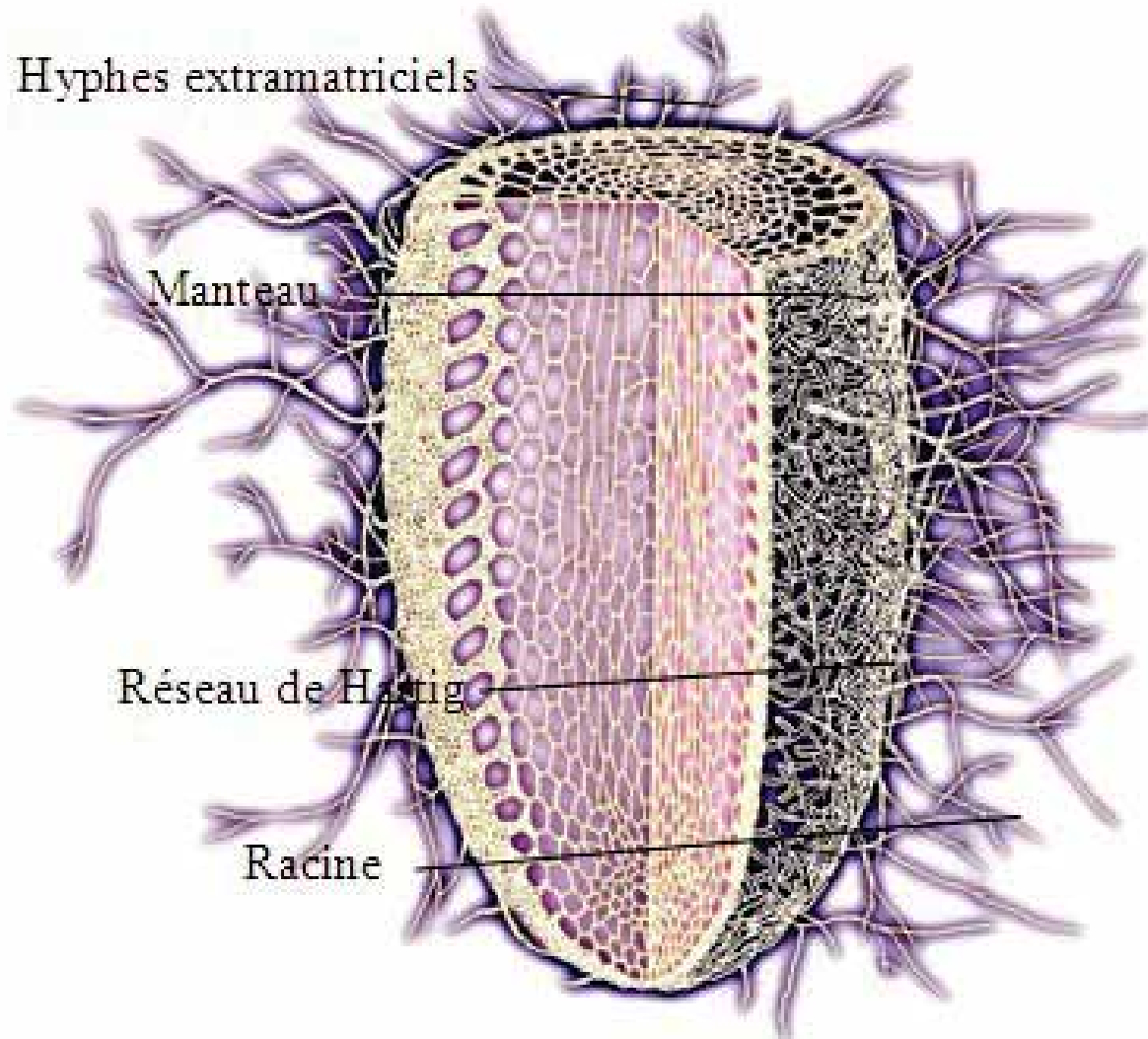
6.1



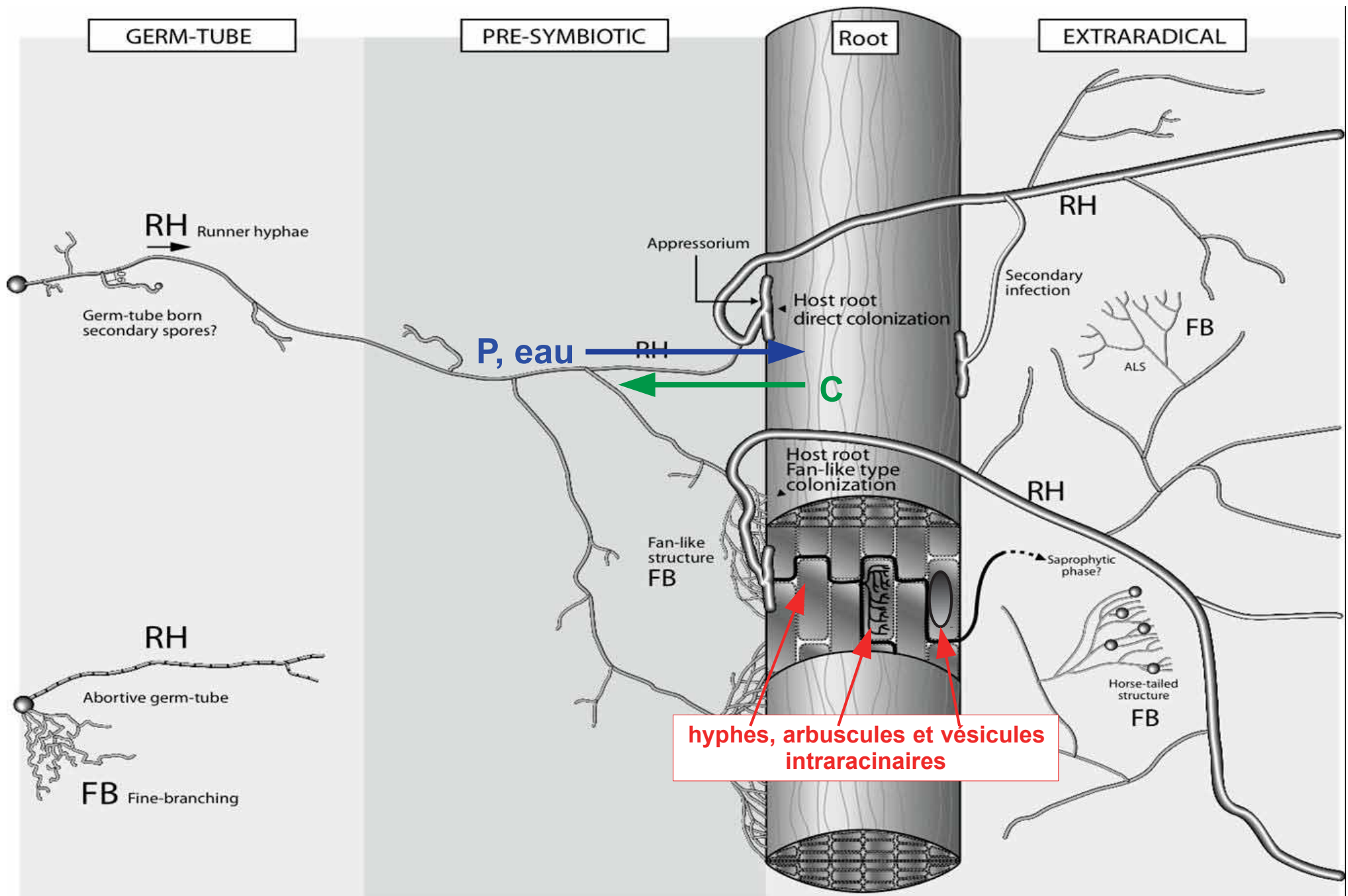
6.2



racine ectomycorhizée (la plupart des arbres et arbustes ligneux)



racine endomycorhizée (la plupart des plantes herbacées)



Observation macroscopique : symbioses à rhizobium et actinorhizienne



Symbiose actinorhizienne:
nodules de *Frankia* sur racines
d'*Alnus rugosa*



Symbiose fixatrice d'azote:
nodules de *Rhizobium trifolii*
sur racines de *Trifolium pratense*

Traitement des racines pour l'observation de la symbiose endomycorhizienne

Les racines sont soigneusement lavées puis soumises à une série de traitements:

1. chauffage à 100°C 30 min dans un bain de KOH 10% pour les dépigmenter et vider les contenus cellulaires
2. rinçage puis trempage dans un bain de HCl 1% pour neutraliser le KOH et perméabiliser les parois cellulaires
3. rinçage sous eau chaude puis trempage dans solution colorante chauffée à 50°C 10-12 min selon le type de racines
4. rinçage et conservation dans du glycérol 20%
5. Observation et comptage des structures fongiques intraracinaires par la méthode de "grid-line intersect"



Résultats : Échantillonnage IOCC semis direct 2014



Avena sativa (broutée!)

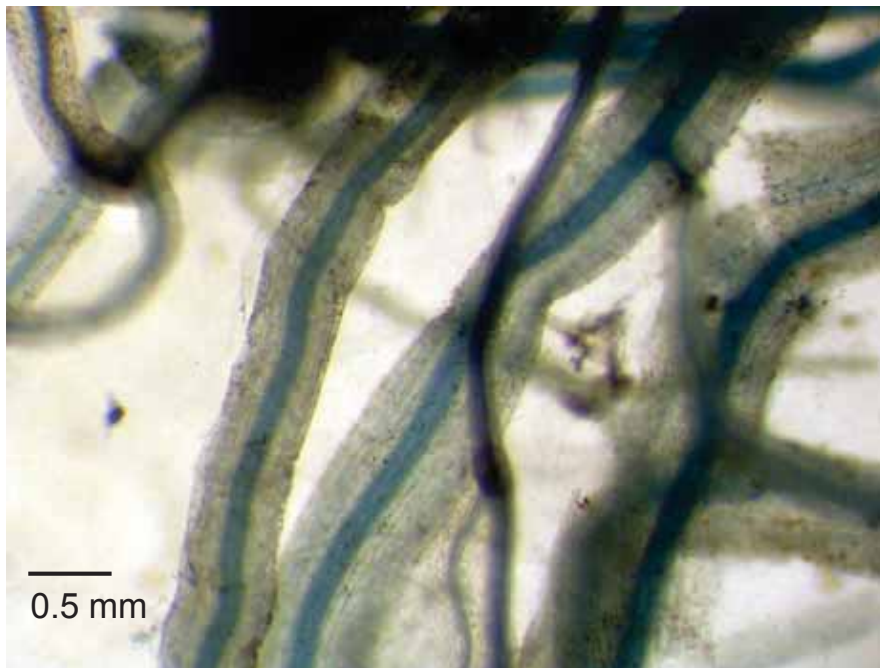
**Échantillonnage IOCC
semis direct 2013**



Phleum pratense

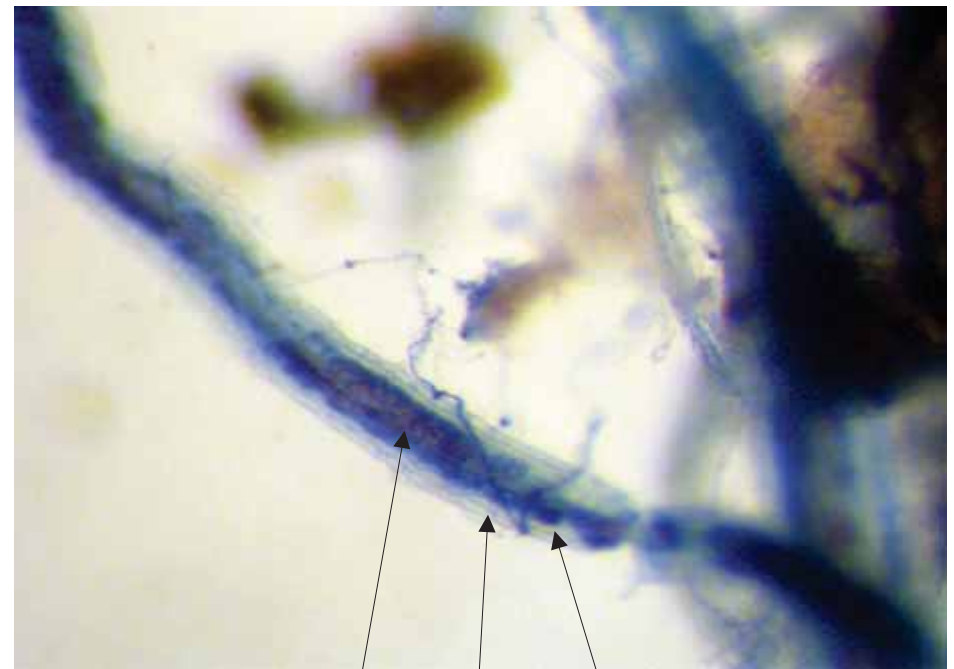
Observations microscopiques Échantillonnage IOCC 2013-2014

racines d'*Avena sativa*



aucune structure fongique intraracinaire

racines de *Phleum pratense*



arbuscules

vésicule

hyphes
extraracinaires

Échantillonnage IOCC semis direct 2011



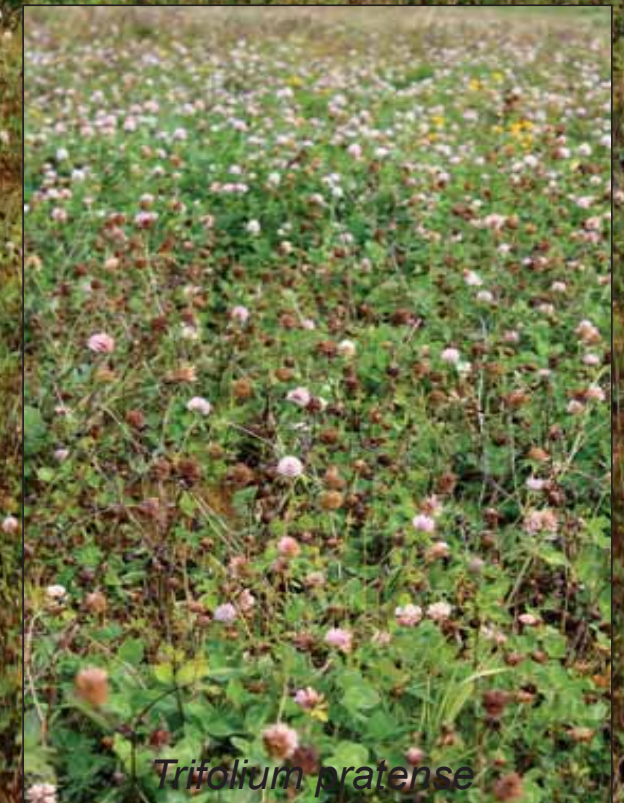
Festuca rubra

Échantillonnage IOCC semis direct 2013



Phleum pratense

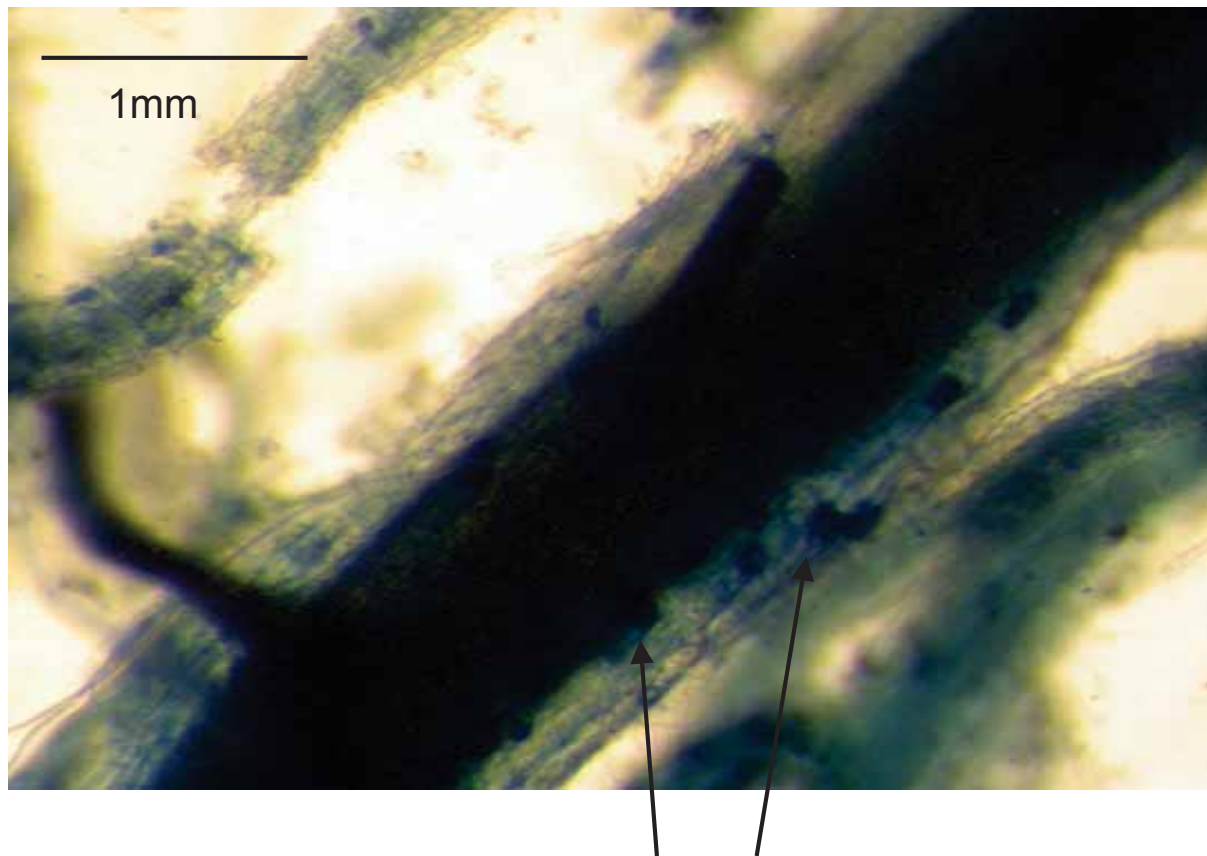
Échantillonnage IOCC semis direct 2010



Trifolium pratense

Observations symbiose endomycorhizienne échantillonnage IOCC 2010

racines *Trifolium pratense*



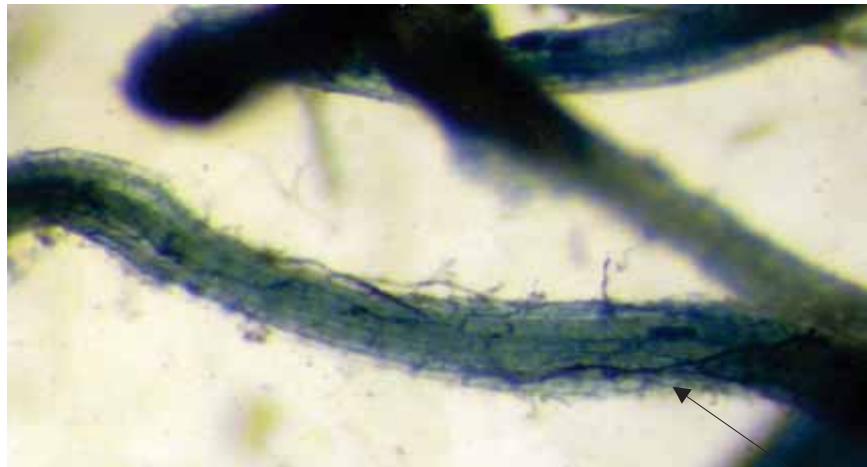
vésicules
endomycorhiziennes

Échantillonnage IOCC semis direct 2005



Elymus arenensis

Observations symbiose endomycorhizienne échantillonnage IOCC 2005



racines *Elymus arenarius*



vésicules



hyphes extraracinaires

arbuscules

Échantillonnage IOCC semis direct 2001

Salix planifolia

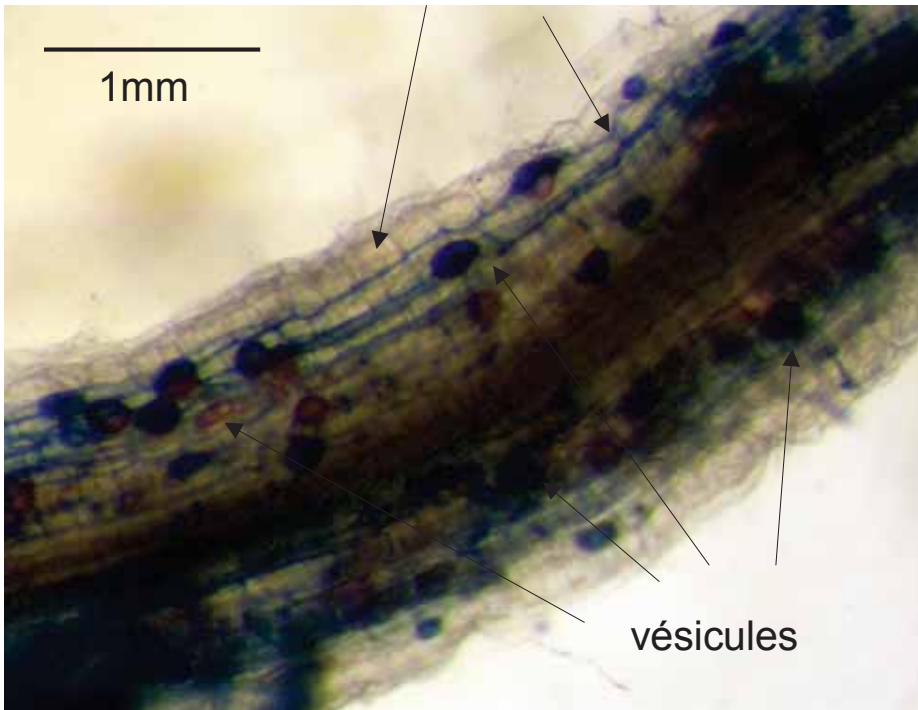


Lotus corniculatus

Observations microscopiques des deux symbioses mycorhiziennes échantillonnage IOCC 2001

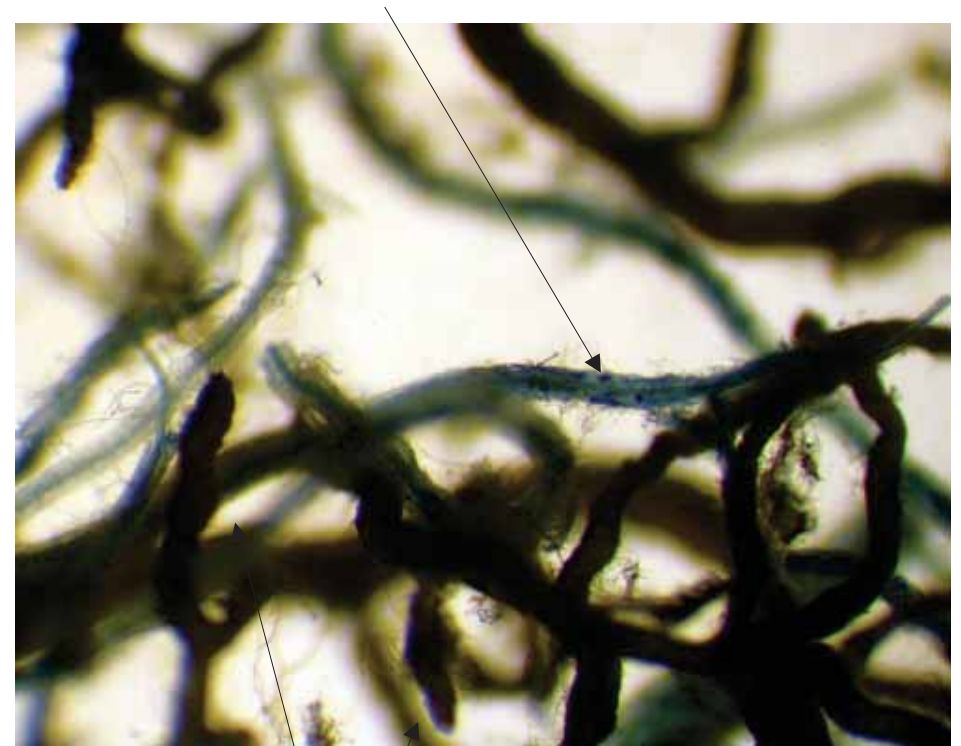
racine *Lotus corniculatus*

hyphes intraracinaires



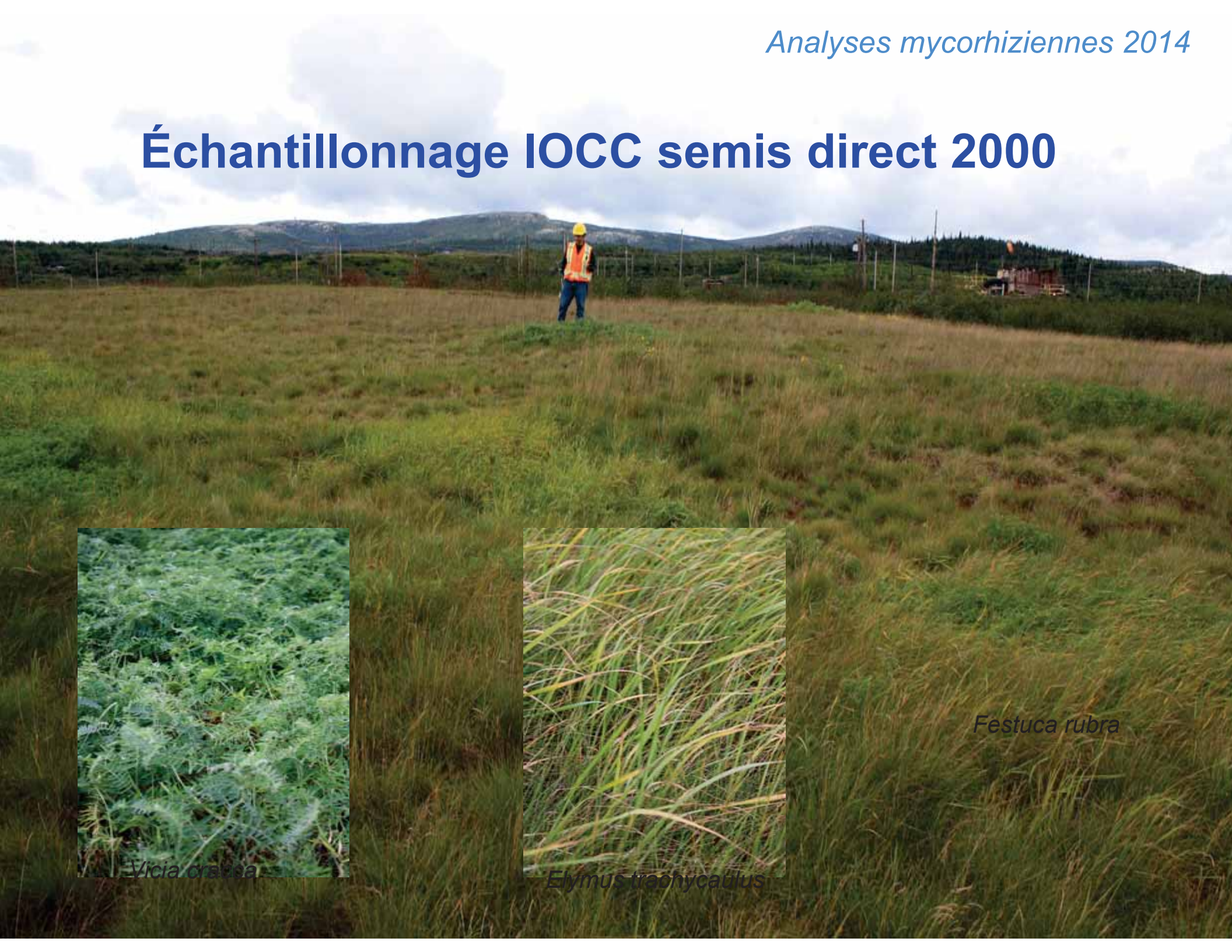
racines *Salix planifolia*

racines fines endomycorhizées



apex ectomycorhiziens

Échantillonnage IOCC semis direct 2000



Vicia cracca



Elymus trachycaulus

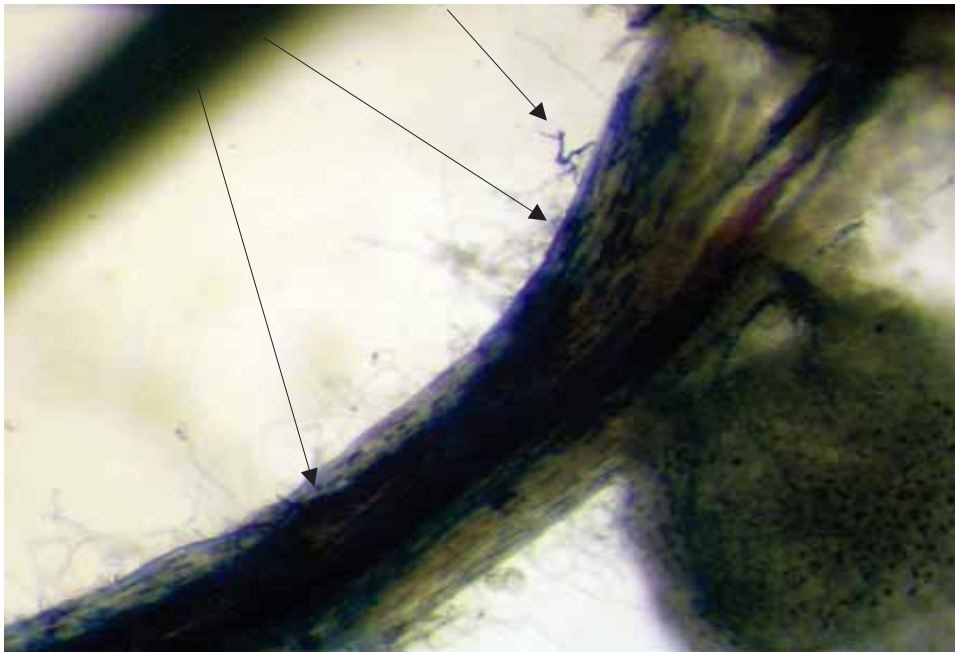
Festuca rubra

Observations des symbioses racinaires

Échantillonnage IOCC 2000

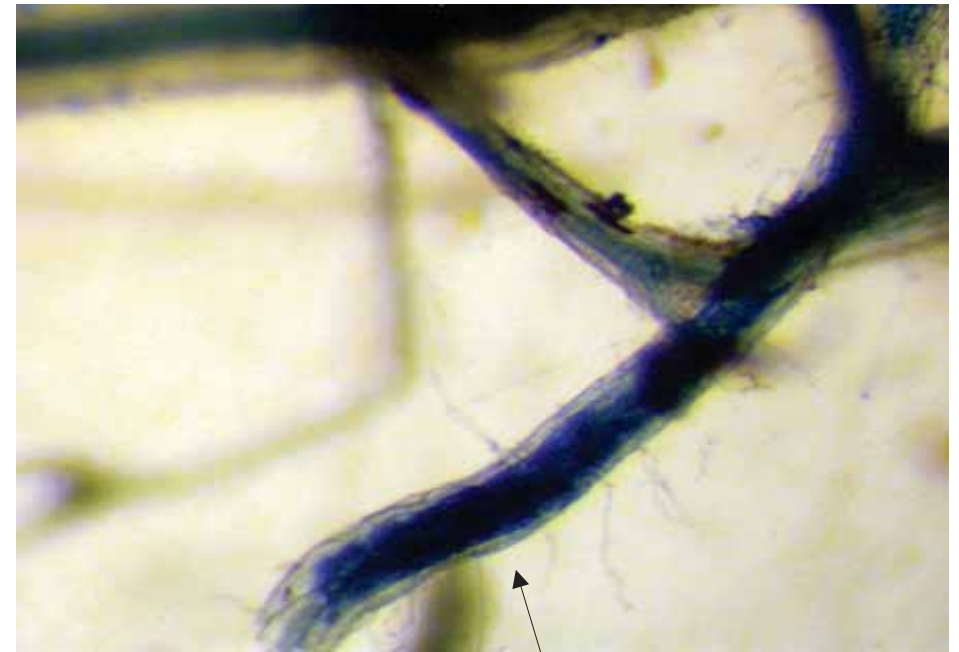
racine *Vicia cracca*

hyphes intra et extra racinaires



↑
nodule fixateur d'azote

racine *Elymus trachycaulus*



↑
arbuscules

Échantillonnage IOCC végétalisation 1998 + reprise 2004

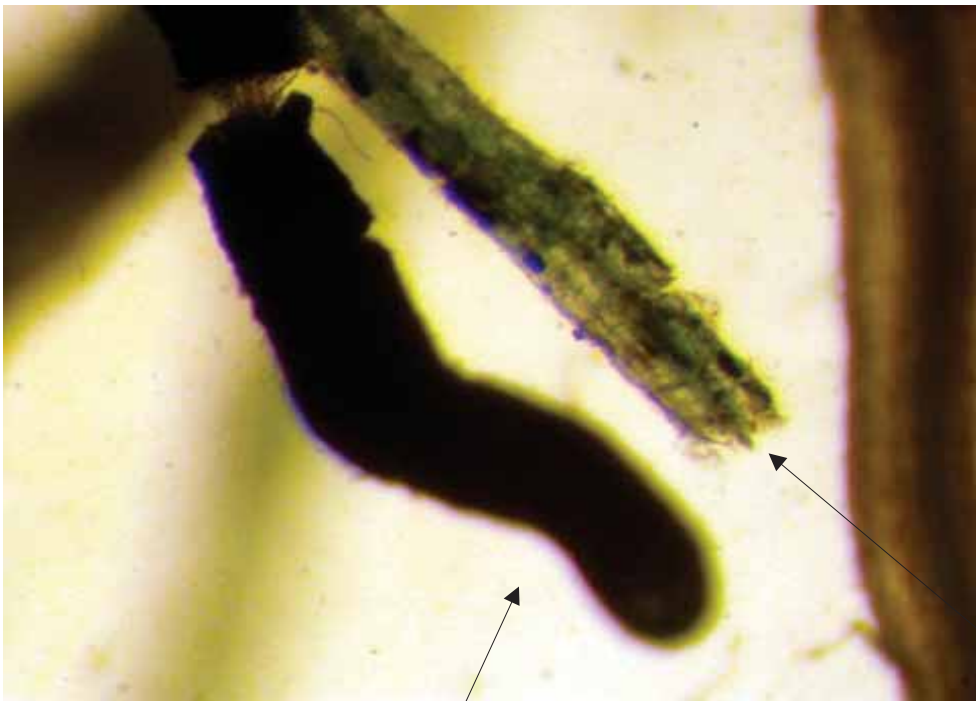
Salix bebbiana

Festuca rubra

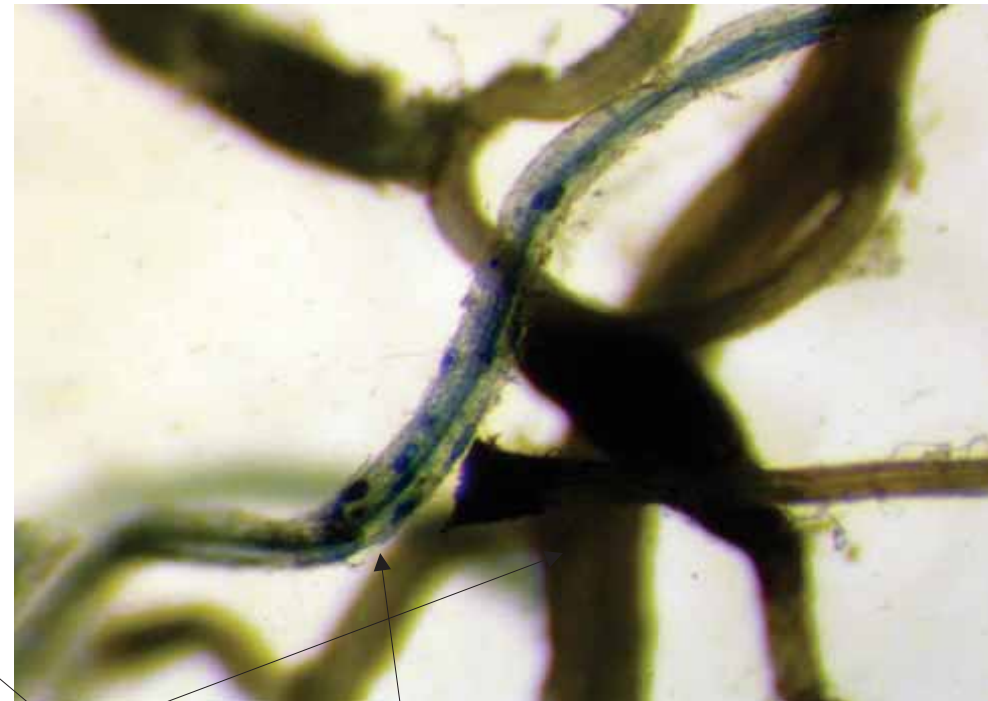


Observations microscopiques des deux symbioses mycorhizienne Échantillonnage IOCC 1998

racines *Salix bebbiana* + *Festuca rubra*



apex ectomycorhiziens



racines endomycorhizées

Résultats : site d'IOCC

Année de revégétation	Espèce végétale dominante	% endo-mycorhization	% autre endophyte	% ecto-mycorhization	nodulation
2014	<i>Avena sativa</i>	0	0	0	-
2013	<i>Phleum pratense</i>	61	0	0	-
2011	<i>Festuca rubra</i>	42	0	0	-
2010	<i>Trifolium pratense</i>	76	0	0	+
2005	<i>Elymus arenarius</i>	85	0	0	-
2001	<i>Lotus corniculatus</i>	95	0	0	+
	<i>Salix planifolia</i>	60	0	63	-
2000	<i>Vicia cracca</i>	83	0	0	++
	<i>Festuca rubra</i>	81	0	0	-
	<i>Elymus trachycaulus</i>	94	0	0	-
1998 (+ 2004)	<i>Salix bebbiana</i>	64	0	69	-
	<i>Festuca rubra</i> (+ <i>Salix</i>)	83	4	18	

Échantillonnage Mont-Wright semis direct 2014



Avena sativa

Échantillonnage Mont-Wright semis direct 2013



Festuca rubra *Secale cereale* (2ème année)

Échantillonnage Mont-Wright hydrosemis 2013



Tritolium oratense + Festuca rubra

Échantillonnage Mont-Wright semis direct 2012 site 1



Deschampsia cespitosa



Pectuca ehator



Rumex acetosella



Phleum pratense

Échantillonnage Mont-Wright semis direct 2012 site 2



Trifolium pratense

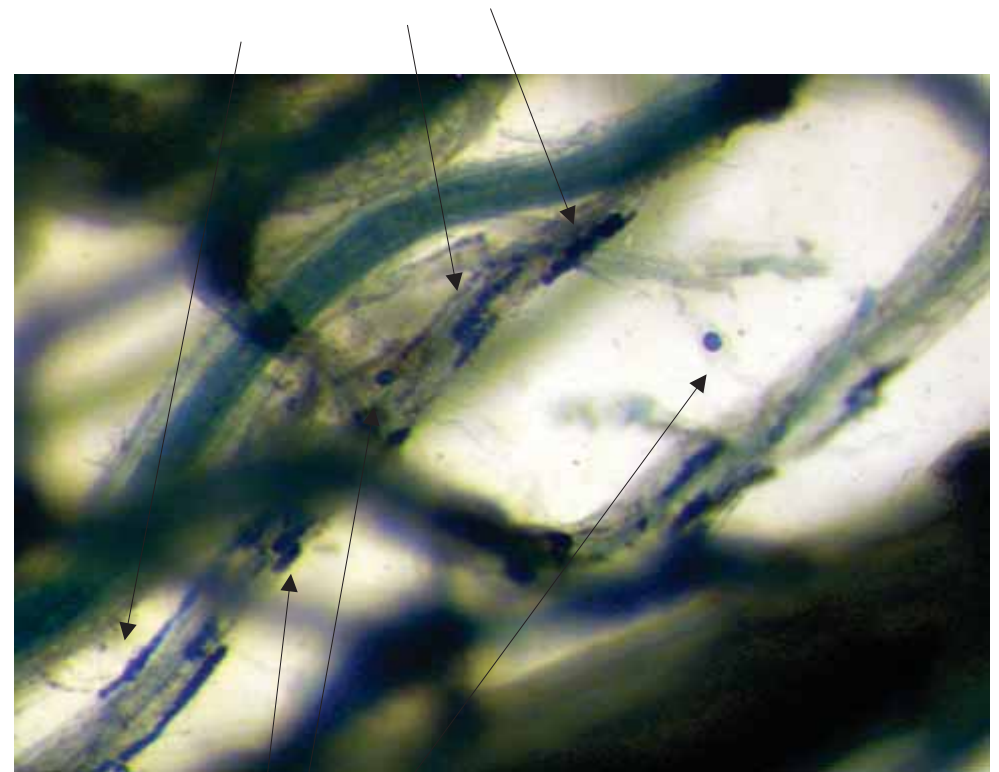
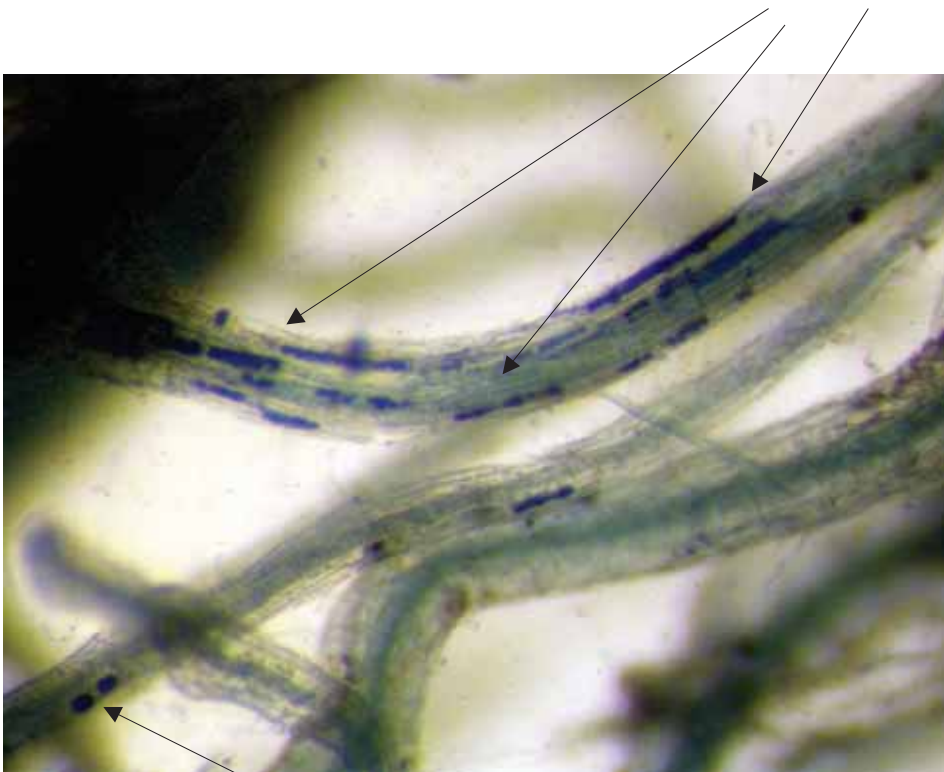
Échantillonnage Mont-Wright semis direct 2010



Observations microscopiques endophytes racinaires Mont-Wright 2010

racines de *Festuca rubra*

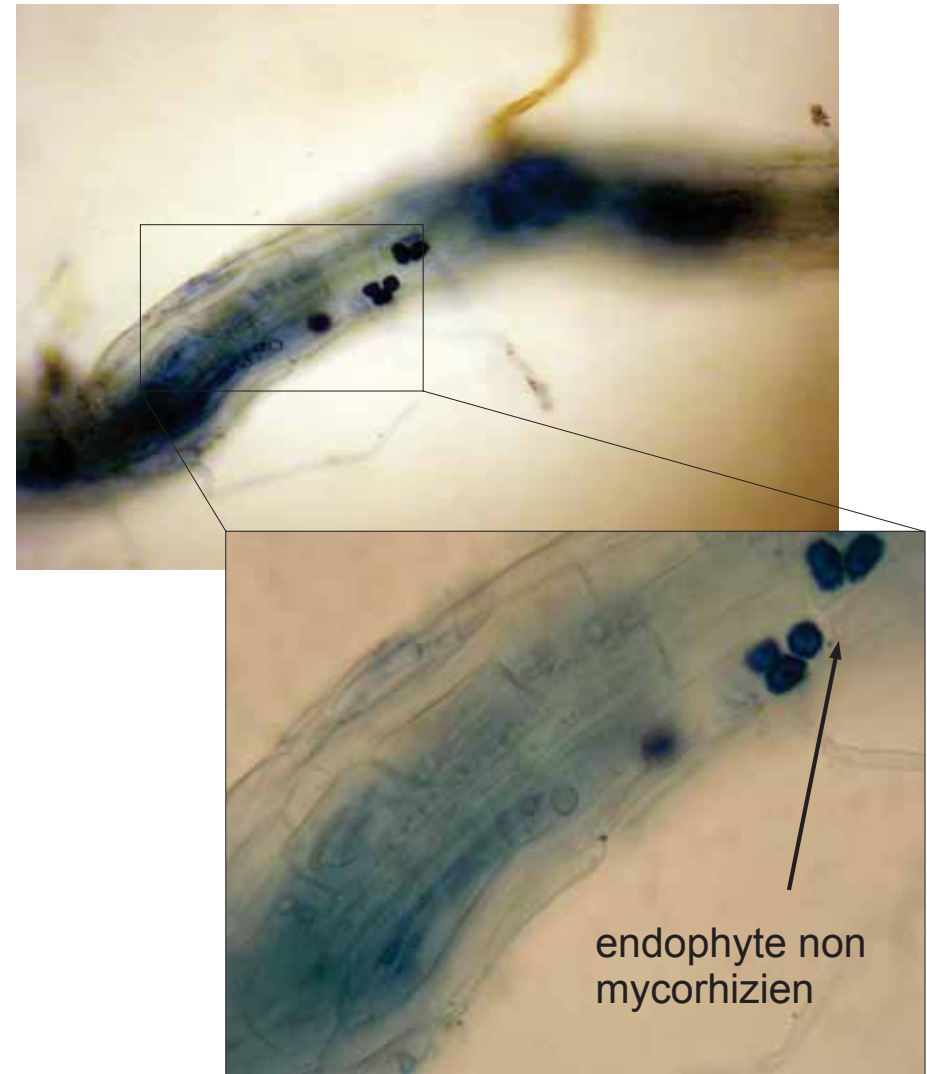
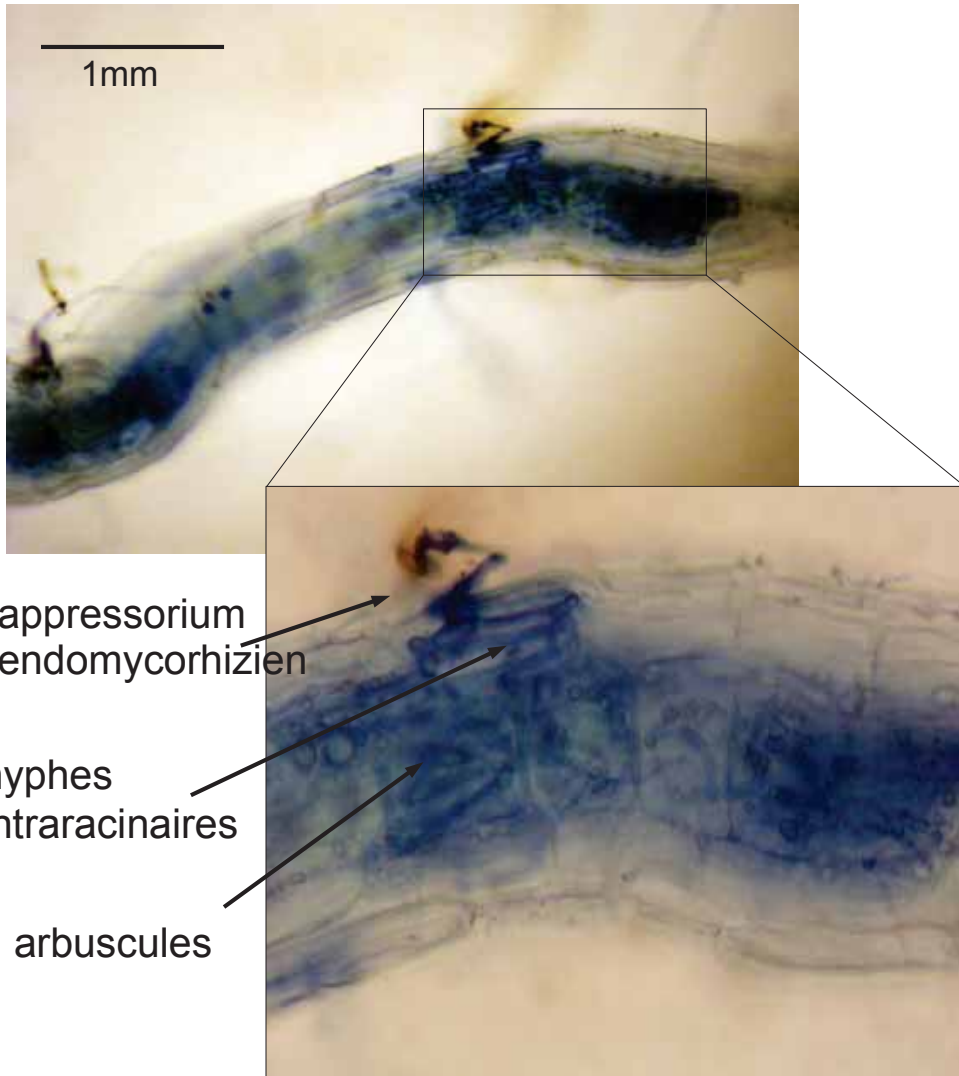
petites vésicules en "chapelets" d'endophyte non mycorhizien



spores et vésicules endomycorhiziennes

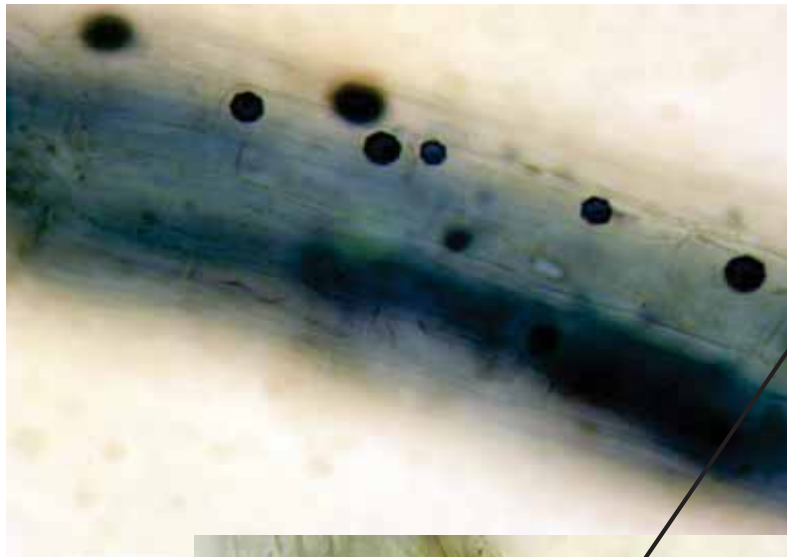
Observations microscopiques endophytes racinaires Mont-Wright 2010

racines de *Festuca rubra*



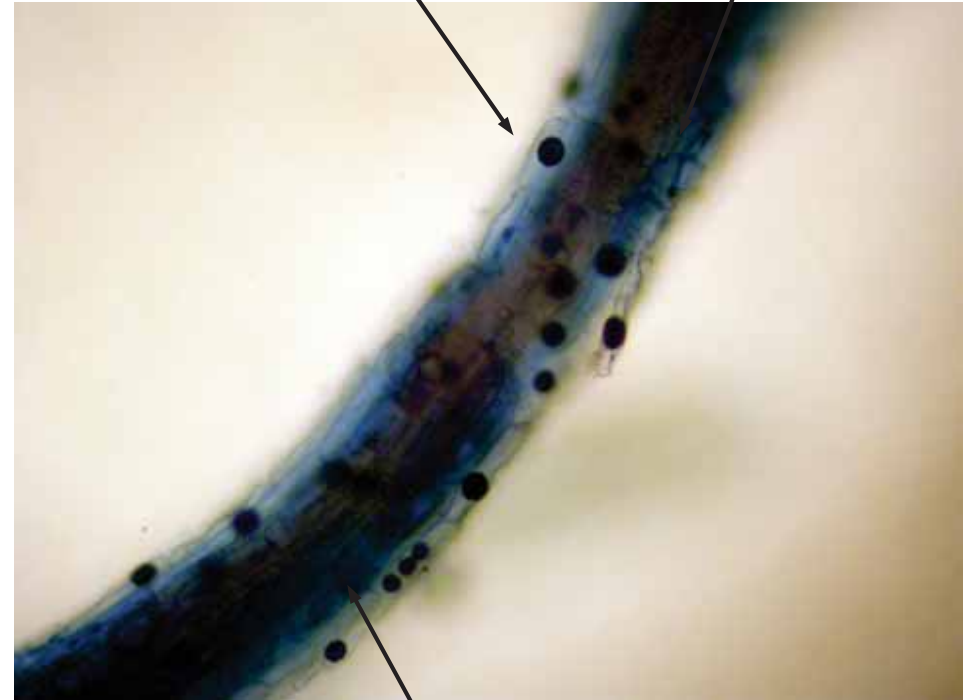
Observations microscopiques endophytes racinaires Mont-Wright 2010

racines *Festuca rubra*

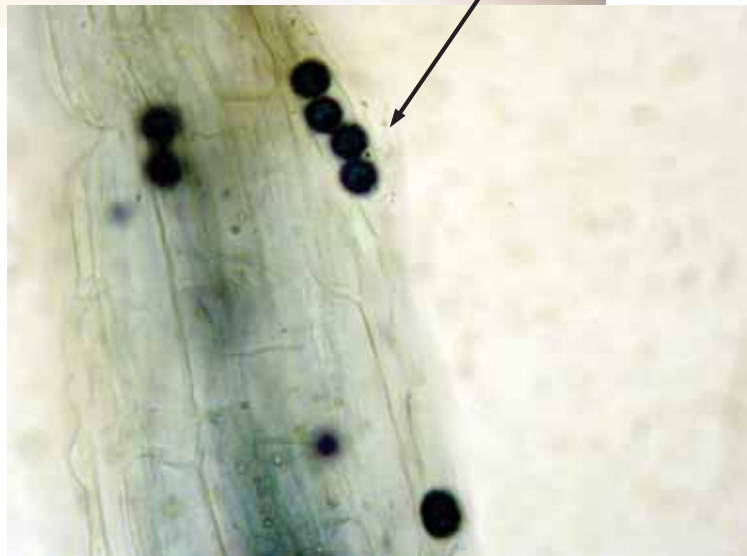


endophytes non mycorhiziens

hyphes
endomycorhiziens



arbuscules

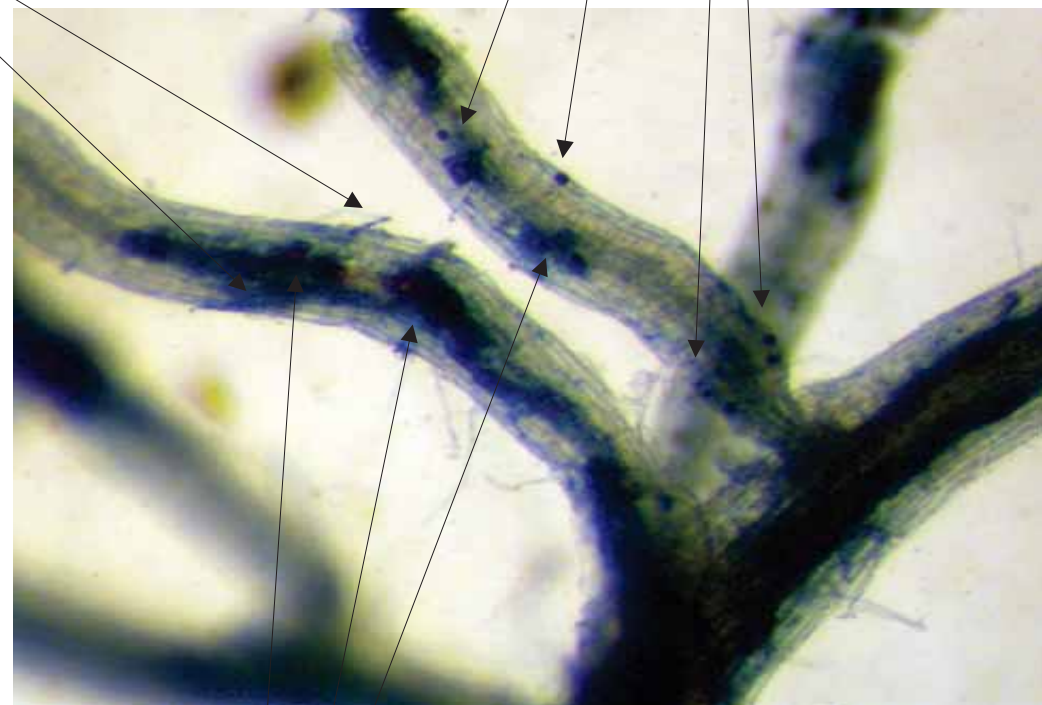


Observations microscopiques endophytes racinaires Mont-Wright 2010

racines de *Festuca eliator*

hyphes de champignon endomycorhizien

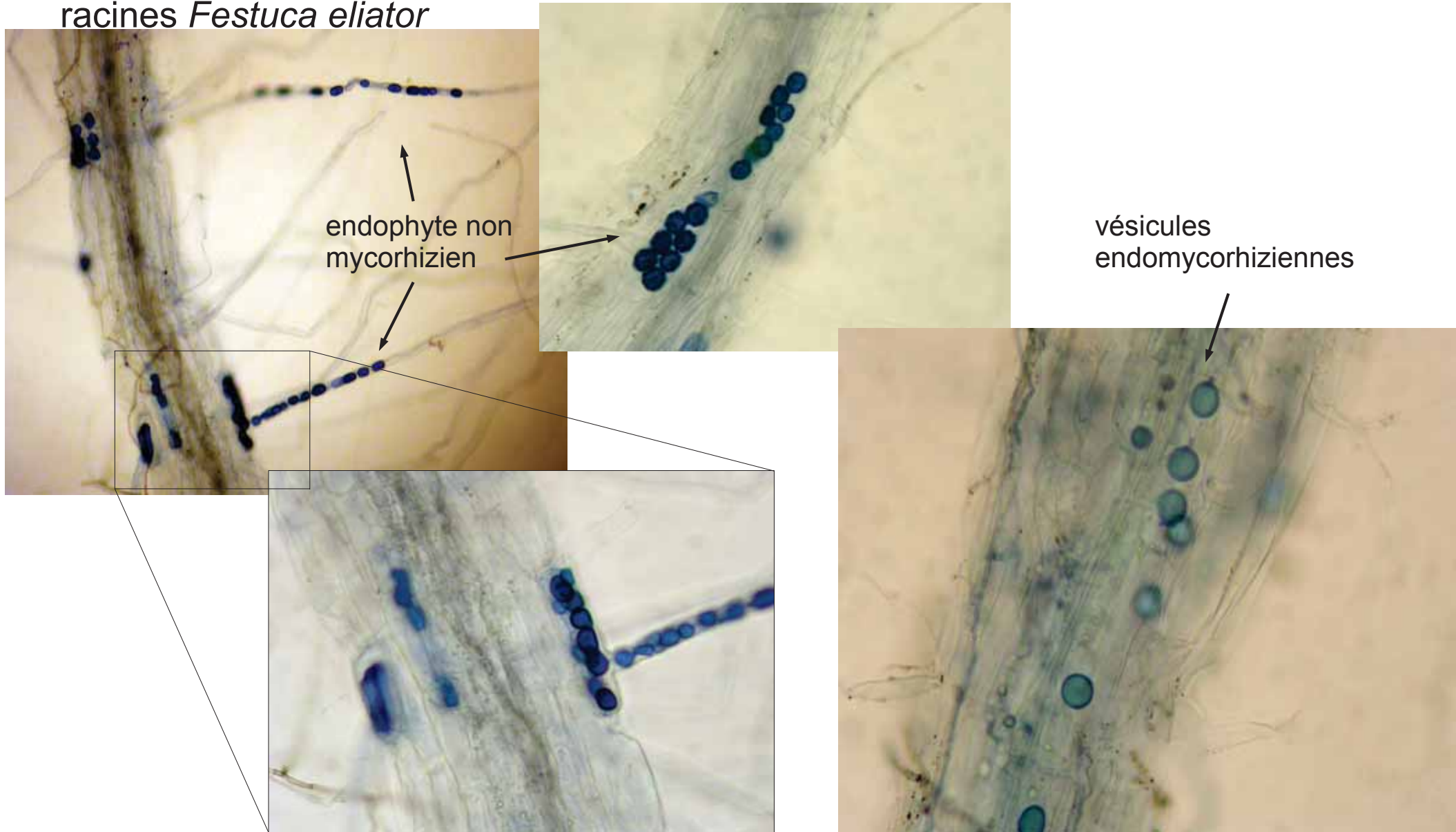
petites vésicules isolées d'endophyte non mycorhizien



vésicules de champignon endomycorhizien

Observations microscopiques endophytes racinaires Mont-Wright 2010

racines *Festuca eliator*



Résultats : site du Mont-Wright

Année de revégétation	Espèce végétale dominante	% endo-mycorhization	% autre endophyte	% ecto-mycorhization	nodulation
2014	<i>Avena sativa</i>	34	0	0	-
2013 site 1	<i>Festuca rubra</i>	51	0	0	-
	<i>Trifolium pratense</i>	32	0	0	+
2013 site 2 (<i>Gigaspora</i> sp.)	<i>Festuca rubra</i>	29	0	0	-
	<i>Secale cereale</i>	22	0	0	-
2012 site 1	<i>Festuca eliator</i>	38 à 53	18	0	-
	<i>Phleum pratense</i>	20	0	0	-
	<i>Deschampsia cespitosa</i>	70	0	0	-
	<i>Rumex acetosella</i>	20	0	0	-
2012 site 2	<i>Trifolium pratense</i>	30	0	0	+
2010	<i>Festuca eliator</i>	78	20	0	-
	<i>Festuca rubra</i>	43	10	0	-

Échantillonnage Lac bloom hydrosemis 2013



Fectuca rubra & *Melilotus officinalis*

Échantillonnage Lac bloom hydrosemis 2011



Festuca rufa + *Timothum hybridum*

Résultats : site du Lac Bloom

Année de revégétation	Espèce végétale dominante	% endo-mycorhization	% autre endophyte	% ecto-mycorhization	nodulation
2013	<i>Festuca rubra</i>	0	0	0	-
	<i>Melilotus officinalis</i>	19	0	0	?
2011	<i>Festuca rubra</i>	19	11	0	-
	<i>Trifolium hybridum</i>	65	0	0	+

Échantillonnage Wabush hydrosemis 2014



Avena sativa

Échantillonnage Wabush semis direct 2014



Polygonum fagopyrum
+ *Avena sativa*
+ *Secale cereale*

Échantillonnage Wabush semis direct 2007



Anaphalis margaritacea

Échantillonnage Wabush semis direct 1998

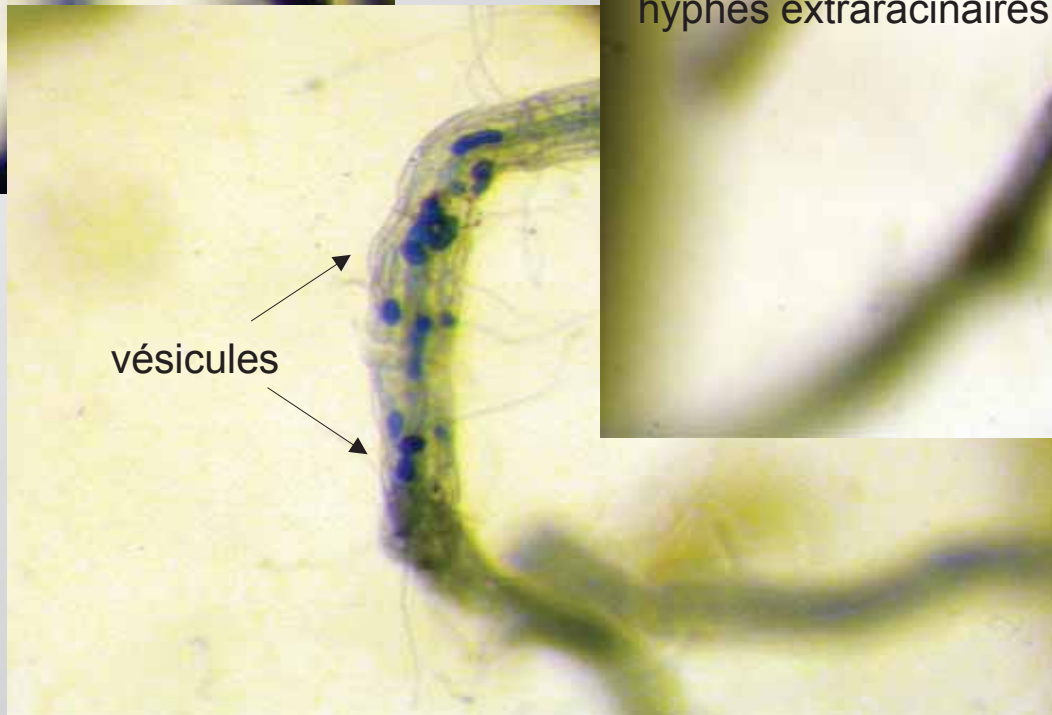
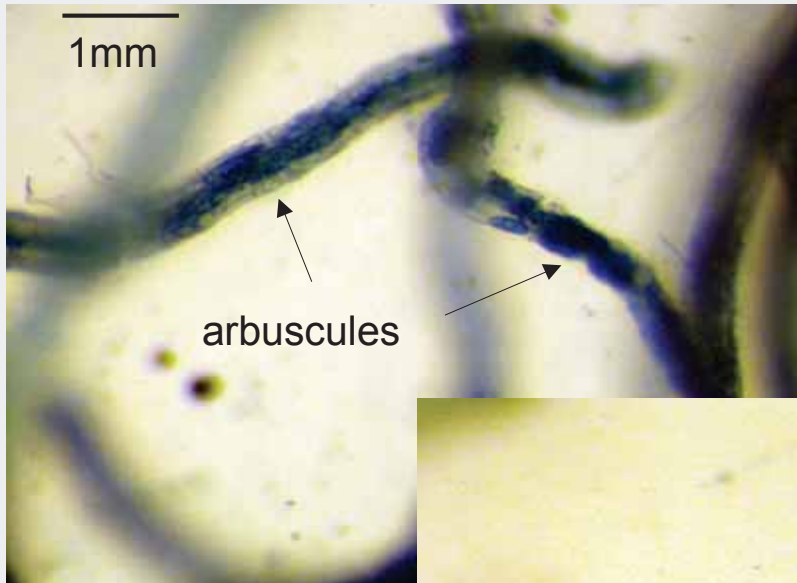


Salix humilis

Festuca rubra

Observations microscopiques symbiose mycorhizienne - Wabush 1998

racines de *Festuca rubra*



Échantillonnage Wabush végétalisation 1996



Euphrasia borealis



Salix planifolia



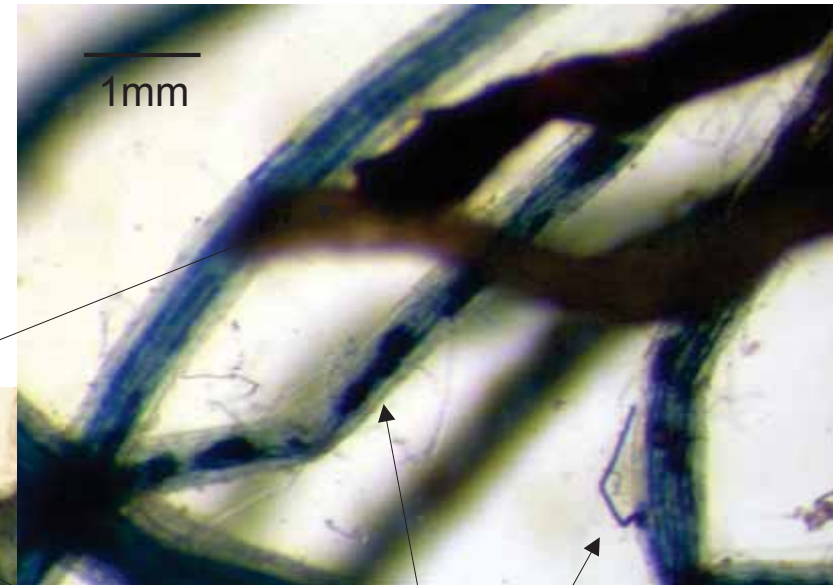
Myrica gale

Observations microscopiques des 2 symbioses mycorhiziennes - Wabush 1996

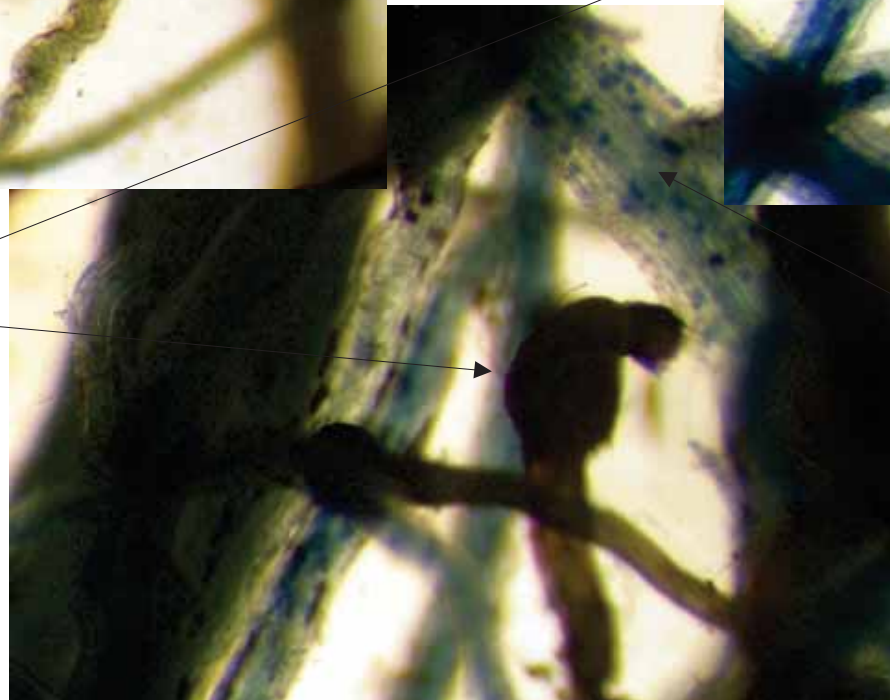
racines de *Myrica gale*



apex ectomycorhiziens



endomycorhizes
intraracinares

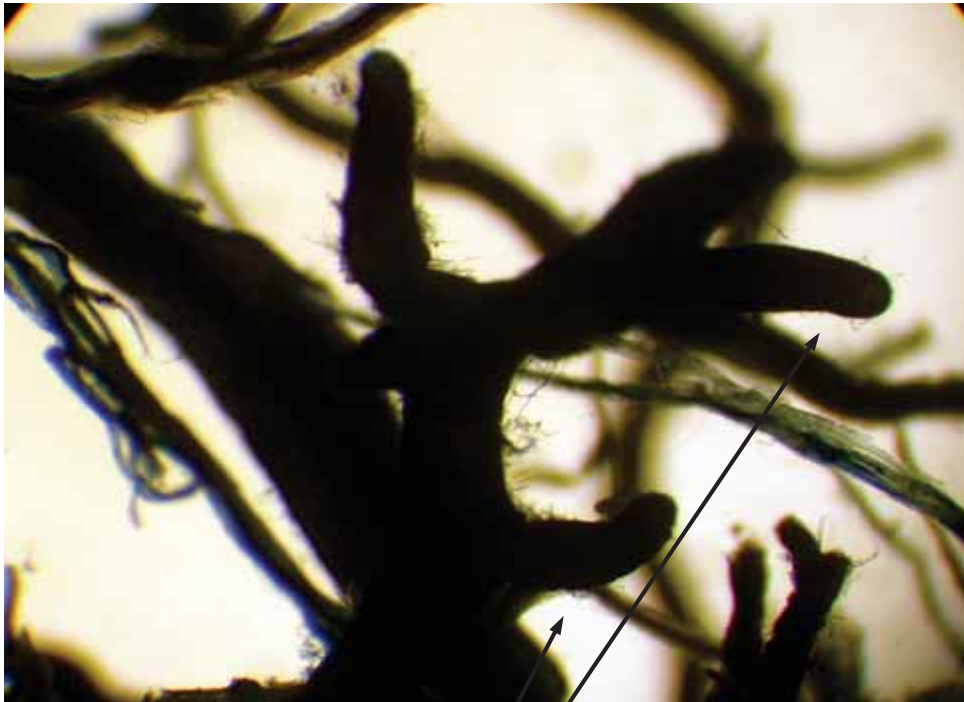


Résultats : site de Wabush

Année de revégétation	Espèce végétale dominante	% endo-mycorhization	% autre endophyte	% ecto-mycorhization	nodulation
2014 site 1	<i>Avena sativa</i>	18	0	0	-
2014 site 2	<i>Polygonum fagopyrum</i>	18	0	0	-
	<i>Avena sativa</i>	0	0	0	-
	<i>Secale cereale</i>	4	0	0	-
2007	<i>Anaphalis margaritacea</i>	73	0	0	-
	<i>Myrica gale</i>	79	0	10	-
1998	<i>Festuca rubra</i>	59	0	0	-
	<i>Salix humilis</i>	77	0	20	-
1996	<i>Euphrasia borealis</i>	69	0	0	-
	<i>Salix planifolia</i>	28	0	16	-
	<i>Myrica gale</i>	79	0	10	-

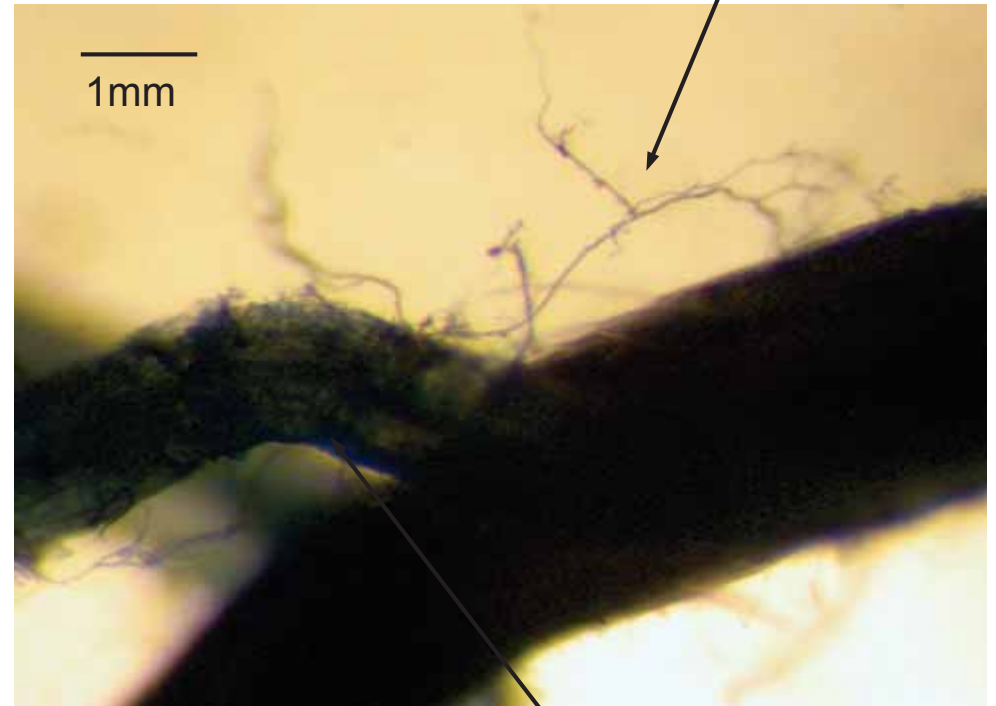
Observations microscopiques symbioses mycorhiziennes Lac Jeannine

racines *Dryas drummondii*



apex ectomycorhiziens

hyphes extraracinaires



endomycorhizes
intraracinaires

Échantillonnage site du Lac Jeannine



Dryas drummondii



Alnus rugosa



Populus tremuloides



Salix pellita

Observations microscopiques symbioses racinaires Lac Jeannine

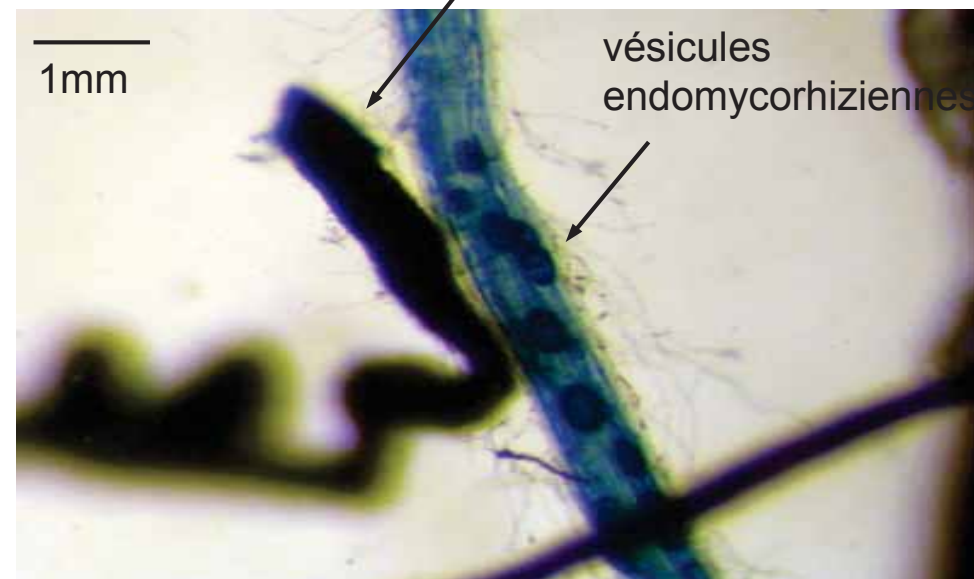
racines *Alnus rugosa*



nodules de *Frankia*
symbiose actinorhizienne



apex et hyphes
ectomycorhiziens



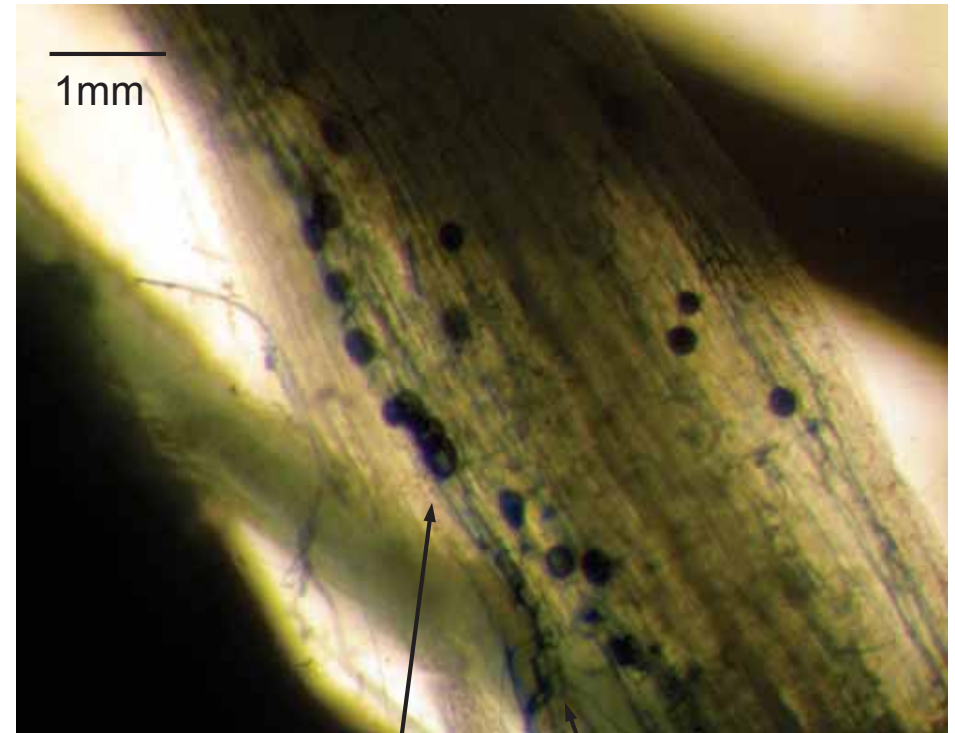
vésicules
endomycorhiziennes

Observations microscopiques symbioses mycorhiziennes Lac Jeannine

racines *Populus balsamea*



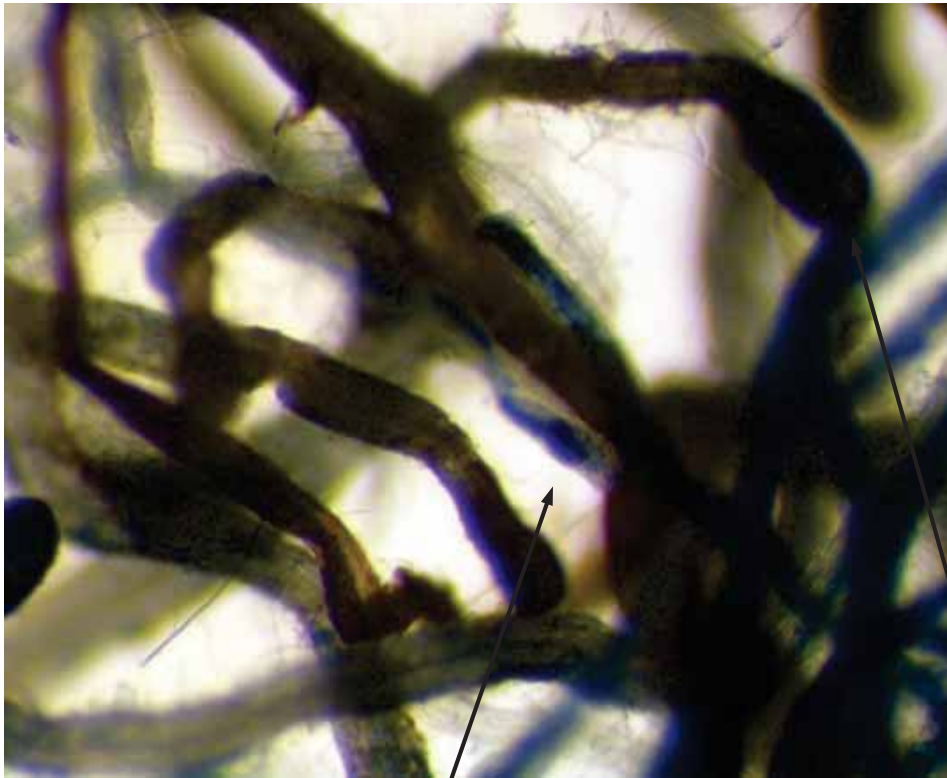
apex ectomycorhiziens



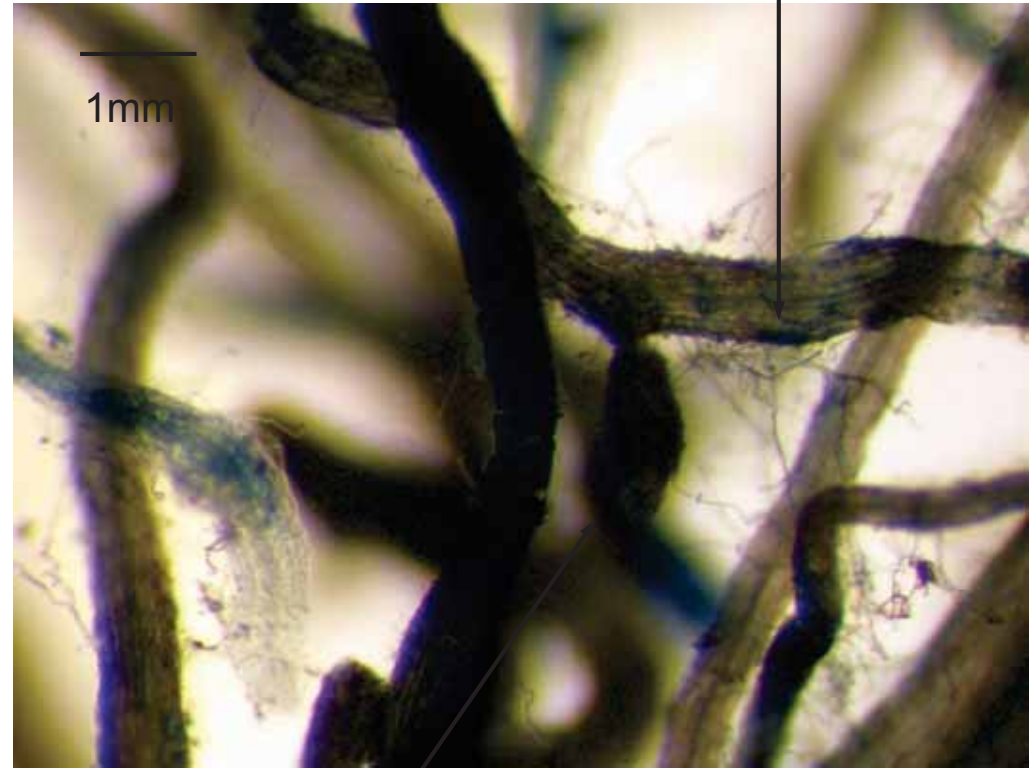
vésicules et hyphes intraracinaires
endomycorhiziens

Observations microscopiques symbioses mycorhiziennes Lac Jeannine

racines *Salix pellita*



endomycorhizes
intraracinares



apex ectomycorhiziens

endomycorhizes
intraracinares

Résultats

mycorhization de la végétation naturelle

site du Lac Jeannine

Espèce végétale dominante	% endo-mycorhization	% autre endophyte	% ecto-mycorhization	symbiose actinorhizienne
<i>Dryas drummondii</i>	98	0	93	-
<i>Populus balsamea</i>	50 (<i>Gigaspora</i> sp.)	0	43	-
<i>Salix pellita</i>	70 à 82	0	20 à 100	-
<i>Alnus rugosa</i>	24	0	58	++

MERCI!

