



Potentialités, suivi et gestion des topsoils, en vue de la restauration écologique des terrains dégradés par l'activité minière.

Hamid Amir (UNC, LIVE)

B. Fogliani (IAC)

Participation déterminante aux travaux et aux suivis de Léa Hatteschweiler et Audrey Laurent



Introduction

« Topsoils » : sols de surface dans le contexte de l'activité minière qui décape les couches superficielles pour accéder au minerai.

Augmentation des surfaces décapées par l'activité minière: menace importante sur les milieux serpentiniques; d'où restauration écologique de plus en plus indispensable. Dans ce cadre, fonction du topsoil essentielle, mais peut se dégrader si mal gérée pendant l'activité minière

Topsoils non récupérés jusqu'à récemment; il s'agit maintenant de savoir comment gérer le topsoil pour restaurer le milieu après l'arrêt des activités minières. Recherches en vue de conserver ses potentialités nécessaires pour cette gestion.

3 projets pluri institutionnels en cours visent à mieux connaître et mieux gérer les topsoils en vue de la restauration écologique; notamment potentialités en termes de réserves de graines, de symbiotes, d'activité microbienne globale et de matière organique, reflétant l'efficience du topsoil.

Ici présentation d'éléments de résultats et premières conclusions du projet « CNRT Ecomine BioTop ».



Le projet fait intervenir six équipes différentes et comporte:
- Des caractérisations de divers topsoils sur plusieurs sites à la fois sur le terrain et en serre pour une meilleure connaissance des topsoils (caractérisations physico-chimiques et biologiques).

Des expérimentations:

Au laboratoire

En serre

Sur le terrain avec 2 sites: Goro (VALE-NC) ; Tontouta (SMGM)

Topsoil stocké étalé à Tontouta pour suivi de l'évolution sur 3 ans.



Topsoil stocké en tas de 2 m de haut à Goro pour suivi de l'évolution sur 3 ans, comparé avec un topsoil étalé



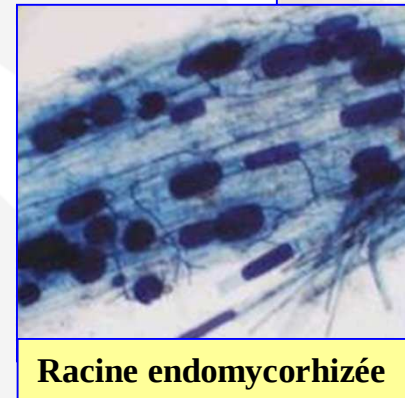
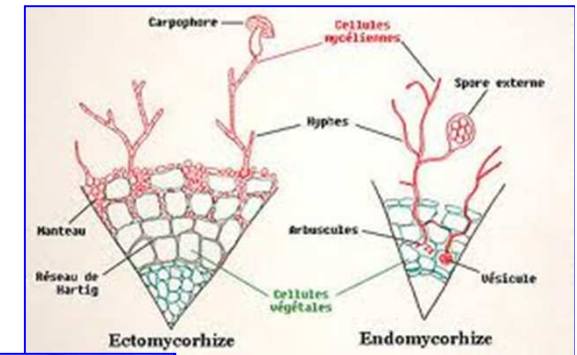


OEIL

Evolution des potentialités microbiologiques du topsoil stocké

- Evolution du potentiel mycorhizogène de topsoils stockés

- Définition mycorhizes: association champignons + racines; mycorhizes à arbuscules ou AMF (cf schéma)
- Potentiel mycorhizogène = aptitude d'un sol à induire une mycorhization $\pm$ forte des plantes
- Echantillons prélevés périodiquement au niveau des topsoils stockés étalés ou en tas
Dénombrement des spores viables reflétant l'abondance des symbiotes mycorhiziens.
Inoculation en serre d'un sol désinfecté avec un peu de ce sol pour apprécier la capacité du sol à mycorhizer la plante.



Racine endomycorhizée

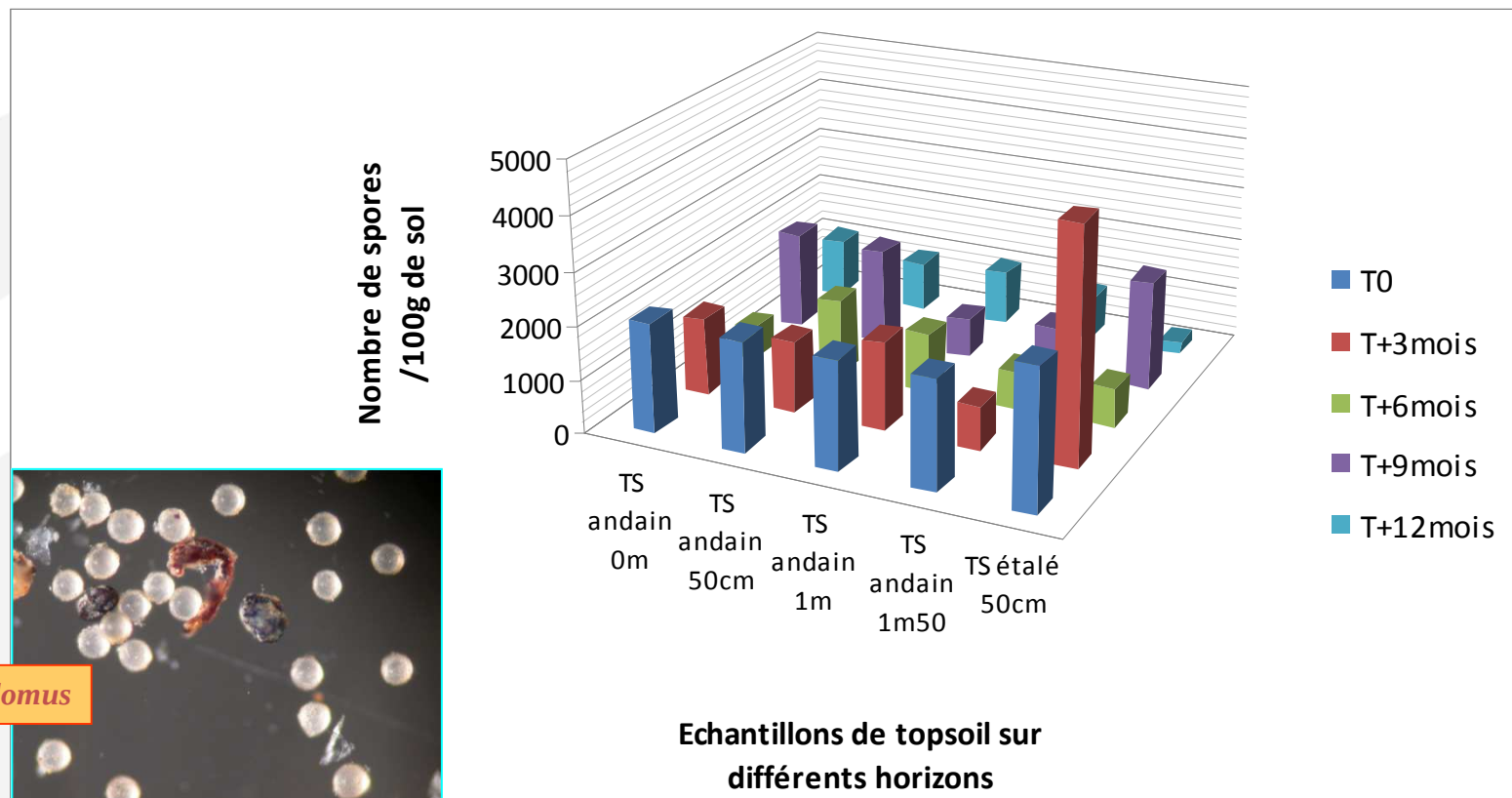


Spores endomycorhiziennes germées

Objectif: déterminer au bout de combien de temps, le topsoil perd sa capacité à mycorhizer les plantes.



- Quelques résultats :



Evolution du nombre de spores AMF dans un topsoil en fonction du temps et selon qu'il est stocké étalé ou en tas de 2 m de haut. T0: densité en début de stockage; T3: après 3 mois de stockage; T6: après 6 mois de stockage

Conclusion: forte hétérogénéité, mais baisse systématique du nombre de spores viables après 1 an de stockage du topsoil; pas d'effet visible de la profondeur.



- Potentiel mycorhizogène mesuré par mycorhization de plants de sorgho:



Temps de stockage		Avant décapage du sol	Stockage en andain (2 m)*	Stockage étalé (50 cm)
Stockage Temps zéro	F (%)	71,66	52,00	62,55
	M (%)	14,46	3,01	5,60
	A (%)	2,44	0	2,96
Stockage 3 mois	F (%)	/	33,33	15,0
	M (%)	/	0,36	1,8
	A (%)	/	0,01	0
Stockage 6 mois	F (%)	/	30,0	10,0
	M (%)	/	0,27	1,07
	A (%)	/	0	0

-F (%) = fréquence de mycorhization (abondance des racines mycorhizées)

- M (%) = Intensité de mycorhization (densité d'implantation des champignons dans les racines)

- A (%) = intensité arbusculaires (abondance moyenne des arbuscules dans les cellules racinaires)

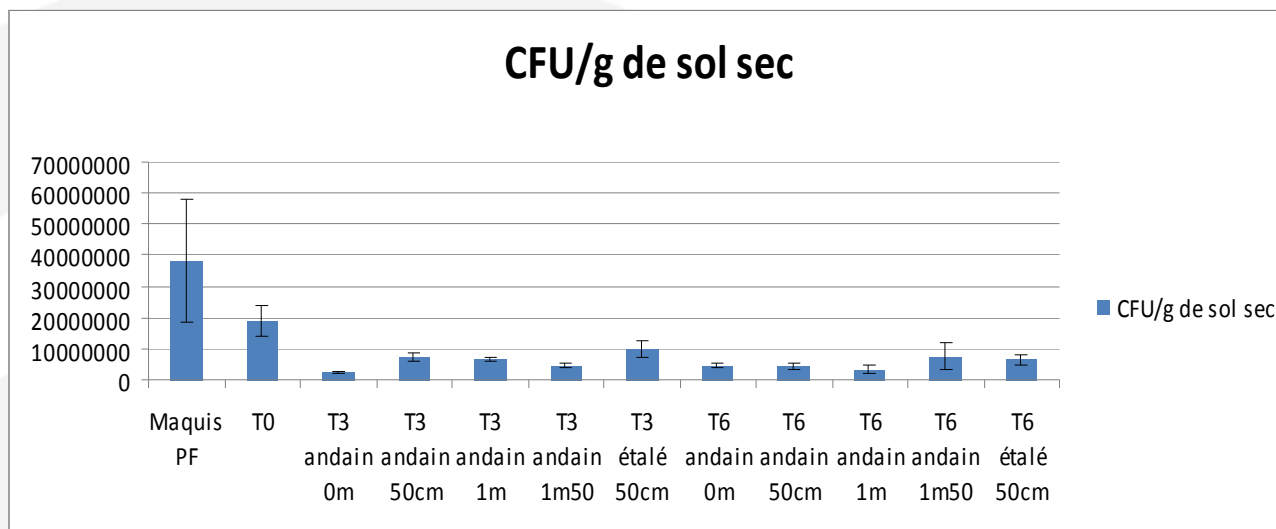
* : Pas de différence pour l'instant entre les échantillons prélevés à différentes profondeurs

Conclusion: la capacité du sol à mycorhizer les plantes commence à baisser dès 3 mois de stockage.



- Evolution de la densité microbienne de topsoils stockés

La densité microbienne du sol traduit généralement sa fertilité générale



Baisse notable de la densité de la microflore dès 3 mois de stockage.

- Conclusion sur évolution des potentialités microbiologiques des topsoils stockés:

Temps de stockage du topsoil pendant l'activité minière: doit être minimisé autant que possible. Idéal : réutiliser le topsoil dès son prélèvement dans une zone pour restaurer une autre zone. Temps de stockage avant perte totale des potentialités: sera déterminé en fin de projet.

Mise au point indicateur de dégradation du topsoil, possible à la fin des travaux.



Essais d'enrobage de graines avec des spores mycorhiziennes pour l'hydroseeding

- Problématique :

Revégétalisation des zones en pente ou peu accessibles souvent réalisée par ensemencement hydraulique ou hydroseeding.

Dans ce cas, inoculation directe des plants impossible.

Objectif de l'étude: installer des spores mycorhiziennes sur la surface des graines qui seront utilisées en hydroseeding.

- Avancement des travaux :

- Comparaison de différents composés collants permettant l'adhésion des spores: choix de l'alginate
- Démonstration sur 3 espèces endémiques que l'enrobage n'altère pas la capacité germinative des graines.
- L'enrobage permet bien de maintenir les spores sur les graines, avec toutefois une baisse de la capacité germinative des spores, mais sans altérer leur capacité générale à mycorhizer les plants après germination des graines.





Autres travaux de microbiologie en cours sur ce projet

- * En serre: influence de champignons ectomycorhiziens (ECM) sur la croissance et l'adaptation de plants de *Tristaniopsis glauca*. Objectif: vérifier l'utilité d'inoculer les plants en pépinière pour la restauration.
- * En serre: influence de la fertilisation phosphatée sur l'endomycorhization de *Costularia comosa* et *Alphitonia neocaledonica*.
Objectif : vérifier si la carence en P limite la mycorhization; en déduire les doses optimales de P à utiliser en restauration.
- * Sur terrain: effet d'une inoculation contrôlée en pépinière avec ECM et AMF et d'amendement en boues de STEP, sur la croissance et l'adaptation de plants de *Tristaniopsis glauca* et *Carpolepis laurifolia* cultivés sur topsoil à Goro. Objectif: estimer l'influence de ces pratiques et leur utilité en restauration écologique.

Expérience en serre avec des plants d'*Alphitonia neocaledonica* inoculés avec des AMF



Vue de l'expérimentation en champs à Goro avec *Tristaniopsis glauca* et *Carpolepis laurifolia*





Conservation de la banque de graine

Utilisation et efficacité du topsoil dépend de sa capacité biologique et en particulier de sa banque de graine à l'origine de la régénération naturelle



↓
Variété d'espèces issue du cortège floristique
de la zone de prélèvement



↓
Chaque espèce possède un type de graine

↓
structure et dormance différentes



↓
survie plus ou moins longue dans la couche de surface

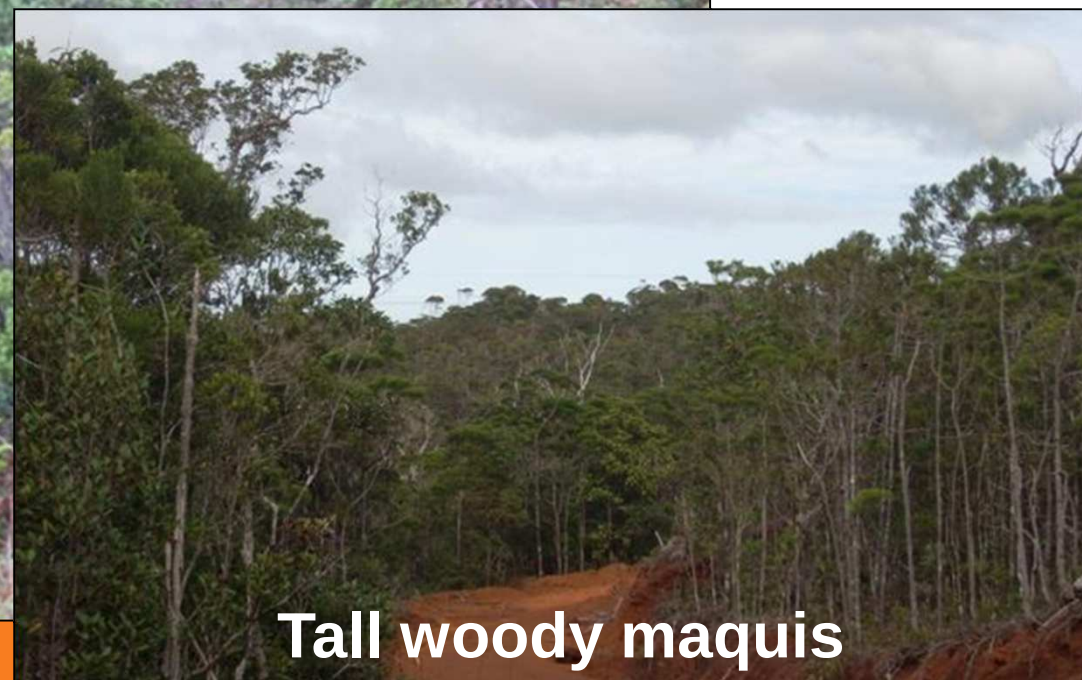
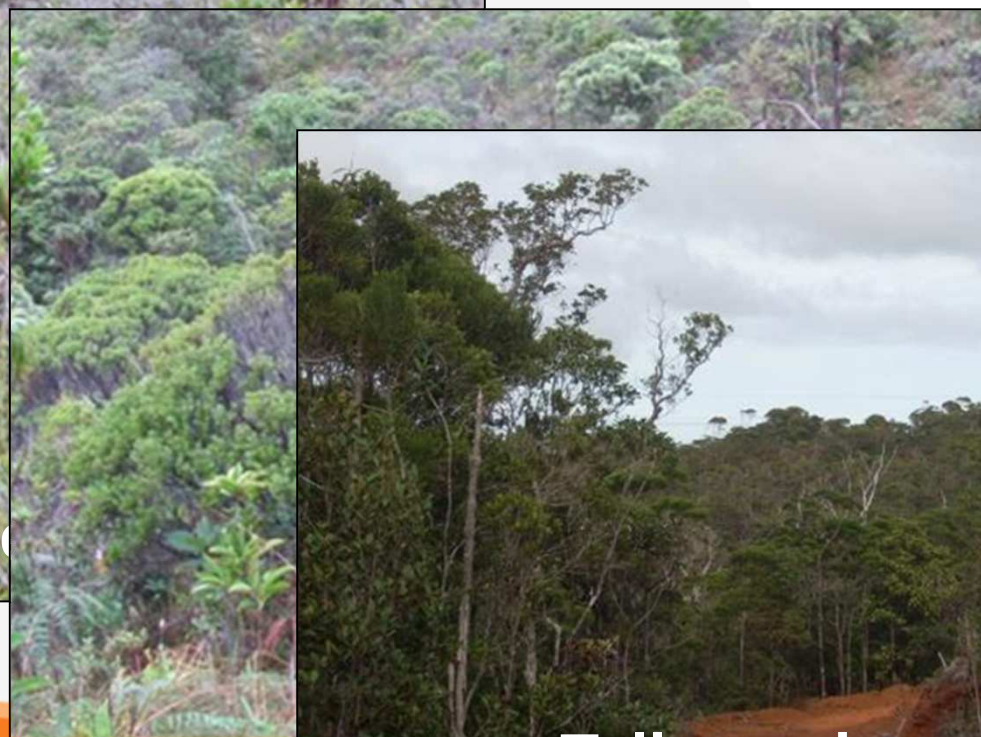


Evaluation de la capacité de régénération des topsoils en fonction du type de végétation de la zone de prélèvement

	Tontouta			Goro		
	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis
Rainfall (mm/y)	1530 mm			3500 mm		
Altitude (m)	400-800 m			200-300 m		



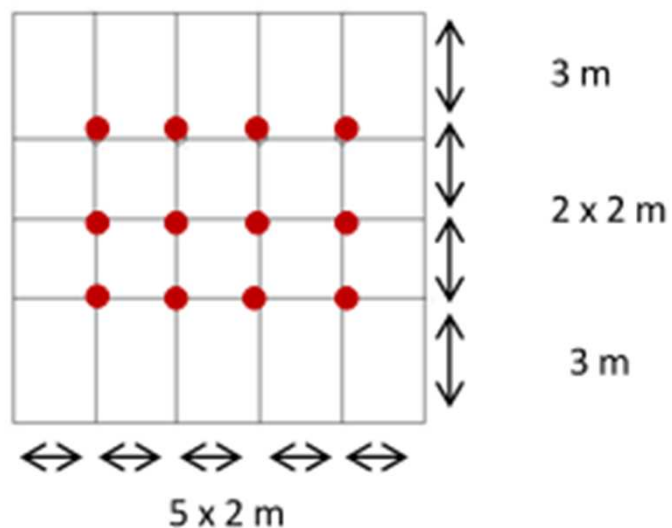
Open woody s



Tall woody maquis



	Tontouta			Goro		
	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis
Rainfall (mm/y)	1530 mm			3500 mm		
Altitude (m)	400-800 m			200-300 m		





	Tontouta			Goro		
	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis
Rainfall (mm/y)	1530 mm			3500 mm		
Altitude (m)	400-800 m			200-300 m		
Average specific richness (n°/100m ²)	35	32	26	38	36	33
Sedge richness (n°/100m ²)	5	4	4	1	3	4

—————→ Faible variabilité du nombre d'espèces entre 26 et 38

—————→ Richesse spécifique plus importante au niveau du maquis paraforestier

—————→ Variabilité de la richesse en Cypéracées



	Tontouta			Goro		
	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis
Rainfall (mm/y)	1530 mm			3500 mm		
Altitude (m)	400-800 m			200-300 m		
Average specific richness (n°/100m ²)	35	32	26	38	36	33
Sedge richness (n°/100m ²)	5	4	4	1	3	4
Emergences /m ²	166	91	61	19	78	62
% of segdes within emergences	62 %	79 %	55 %	33 %	57 %	49 %

Après 6 mois

- **Variabilité de la densité des émergences**
- **Prédominance des Cypéracées**
- ***En particulier Machaerina deplanchei***





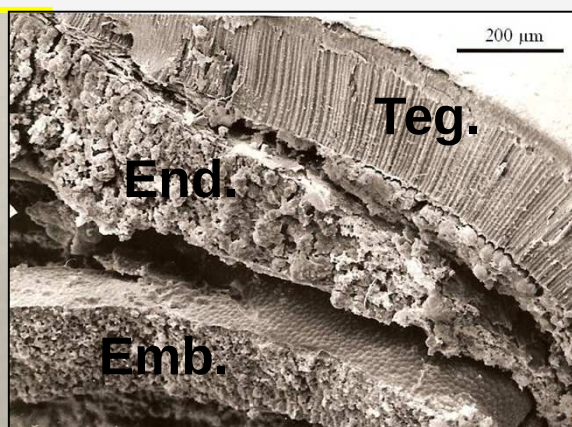
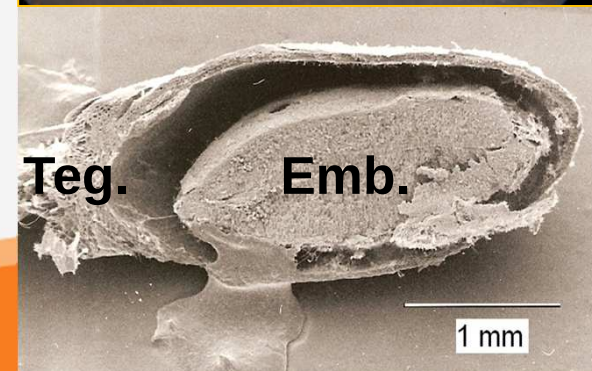
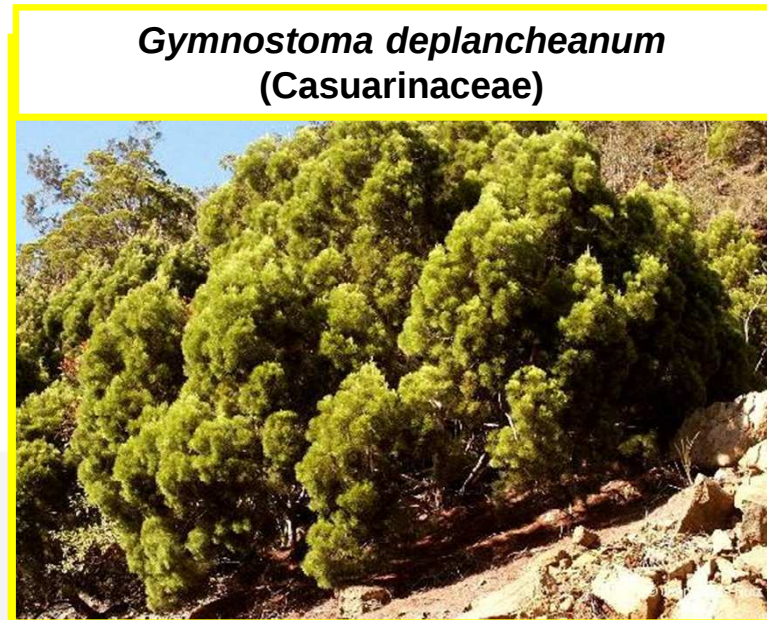
	Tontouta			Goro		
	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis	Tall woody maquis	Shrubby maquis	Open woody sedge maquis
Average specific richness (n°/100m ²)	35	32	26	38	36	33
Sedge richness (n°/100m ²)	5	4	4	1	3	4
Emergences /m ²	166	91	61	19	78	62
% of segdes within emergences	62 %	79 %	55 %	33 %	57 %	49 %
Number of emergence per m ² per level of uptaking				0-2,5 cm: 48 2,5-5 cm: 10 5-10cm: 0		

→ La banque de graines est située dans les premiers centimètres

**Le topsoil ne semble pas pouvoir régénérer seul la diversité d'origine
mais pourquoi?**



Alphitonia neocaledonica
(Rhamnaceae)





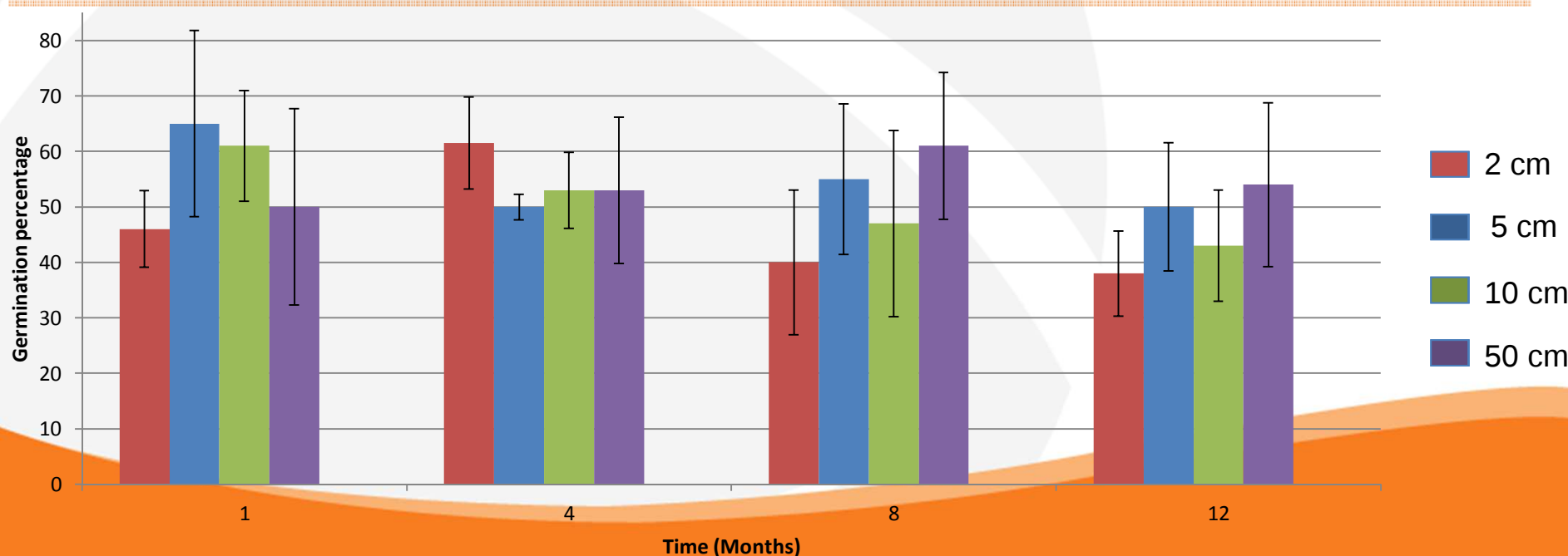


Après 1 mois

- Toutes les graines de *Gymnostona deplancheanum* ont germé quelle que soit la profondeur considérée
- Très peu de graines d'*Alphitonia neocaledonica* ont germé

Après 12 mois:

Les graines d'Alphitonia conservent leur capacité de germination quelle que soit la profondeur considérée
A suivre...





Conclusion sur le maintien de la banque de graine

Graines non dormantes: Date de prélèvement du topsoil fondamentale



Stockage non envisageable

Graines dormantes: Date de prélèvement du topsoil sans effet



Stockage envisageable sur de longues périodes et sur une épaisseur de 50 cm



Résultats à vérifier sur d'autres graines dormantes:
Macchaerina deplanchei et *Scaevola cylindrica*



Perspectives

Graines fraîches ou conservées sous forme d'un mix de graines pré-traitées ou pas encapsulées avec des mycorhizes



**Plus grande
diversité et survie**

**Installation naturelle
de plantes issues de
semenciers alentours**



OEIL

Conclusion sur l'utilisation du topsoil dans la restauration écologique

L'ensemble des travaux réalisés ou en cours de réalisation devraient permettre notamment de :

- Compléter nos connaissances sur des aspects d'une grande importance pour la restauration écologique: diversité et caractéristiques des topsoils en Nouvelle-Calédonie, diversité et gestion des champignons mycorhiziens et de la banque de graines.**
- Déterminer les meilleures conditions de gestion et d'utilisation des topsoils, période de prélèvement, mode de stockage...**
- Proposer des protocoles d'amendements minéraux et organiques des topsoils optimaux et favorables à la mycorhization des plantes et leur croissance.**
- Mieux gérer les problèmes de toxicité métallique, notamment du nickel.**
- Proposer des indices d'état des topsoils, de niveau de dégradation...**