



*Rapport final*

## Elaboration d'indicateurs myrmécologiques relatifs aux suivis environnementaux des zones de stockage du site industriel et minier de VALE NC

F. Ravary.

Editeur : OEIL.

mai 2015



**Observatoire de l'environnement**  
en Nouvelle-Calédonie

11 rue Guynemer  
98800 Nouméa  
Tel.: (+ 687) 23 69 69  
[www.oeil.nc](http://www.oeil.nc)

**Elaboration d'indicateurs myrmécologiques relatifs aux suivis  
environnementaux des zones de stockage du site industriel et minier de VALE  
NOUVELLE-CALÉDONIE.**

Fabien Ravary  
mai 2015

Photos fourmis : crédit Julien Le Breton

## Résumé exécutif

<b>Titre de l'étude</b>	Elaboration d'indicateurs myrmécologiques relatifs aux suivis environnementaux des zones de stockage du site industriel et minier de Vale NC		
<b>Auteurs</b>	Fabien RAVARY		
<b>Editeurs</b>	OEIL		
<b>Année d'édition du rapport</b>	2015	<b>Années des données</b>	2008-2014

<b>Objectif</b>	<p>L'étude a pour objectif de construire des indicateurs basés sur le traitement des données du suivi de la faune des fourmis effectué par la société Vale Nouvelle-Calédonie (Vale NC). La construction de ces indicateurs doit permettre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• d'évaluer de façon synthétique la pression liée aux fourmis envahissantes dans la zone d'influence du complexe industriel et minier ;</li> <li>• de diagnostiquer l'état de dégradation de milieux terrestres déjà impactés par l'Homme.</li> </ul> <p>Ces outils pourront, in fine, être utilisés par les gestionnaires afin de mettre en place les mesures de gestion adéquates vis-à-vis des espèces de fourmis envahissantes, déjà présentes ou susceptibles d'être introduites.</p>
<b>Contexte</b>	<p>Le suivi des fourmis mené semestriellement sur le site industriel et minier de Vale NC a débuté en 2008 et concerne aujourd'hui 5 sites : le PORT, le MAGASIN, la zone de VRAC, la zone STEP et la zone FPP-MINE. Ce suivi a pour principal objet la détection précoce de nouvelles espèces envahissantes pouvant potentiellement être introduites par le biais des activités humaines. L'OEIL a souhaité évaluer la faisabilité du développement d'un ou plusieurs indicateurs « myrmécologiques<sup>1</sup> » pertinents permettant de caractériser les menaces et les pressions exercées par ces espèces envahissantes.</p>
<b>Méthodologie</b>	<p>La synthèse des données issues des suivis myrmécologiques permet de hiérarchiser les informations pertinentes afin de sélectionner les indicateurs qui permettront de caractériser les pressions et menaces exercées par les espèces de fourmis envahissantes, et suggéreront aux gestionnaires les mesures de gestions à mettre en œuvre.</p> <p>Les données sont également utilisées pour la mise en place d'un indicateur de diagnostic de l'état de dégradation écologique des zones suivies, pour servir d'outil d'évaluation des processus de réhabilitation écologique qui seront éventuellement mis en place sur ces sites dégradés.</p>

<b>Résultats et conclusions</b>	<p>A l'issue de cette étude, deux indicateurs transposables à d'autres sites industriels et miniers employant les mêmes méthodes de suivi des fourmis sont proposés :</p> <p>Le premier est un indicateur permettant de surveiller les populations de fourmis envahissantes et signaler toute nouvelle intrusion. Une distinction est faite entre les populations de fourmis envahissantes anciennement présentes sur le site de Vale NC, de celles encore absentes du site bien que déjà introduites sur le territoire et enfin les espèces envahissantes encore absentes de Nouvelle-Calédonie. Les résultats obtenus sur la période 2008-2014 montrent que globalement les espèces envahissantes présentes</p>
---------------------------------	---

<sup>1</sup> Relatif à l'étude des fourmis.

	<p>sont restées les mêmes sur les sites de Vale NC, seule une intrusion a été détectée en mars 2009 sur le MAGASIN avec la détection de la fourmi noire à grosse tête. Les mesures ont alors été prises pour conduire à son éradication du site.</p> <p>Le second indicateur permet de caractériser de manière générale la dégradation écologique d'un site liée à son anthropisation. Cet indicateur s'appuie sur le croisement des deux paramètres que sont : l'« habitabilité » (pourcentage d'appâts occupés) et l'état de la mymécofaune (pourcentage d'appâts occupés par des espèces locales). Il peut s'avérer utile dans le cadre de la réhabilitation écologique de ces zones dégradées. Les résultats sur la période 2008-2014 montrent que globalement les sites surveillés sur la zone de Vale NC sont fortement anthropisés et peu favorable au maintien des populations de fourmis locales.</p>			
<p><b>Limites de l'étude</b></p>	<p>Ces indicateurs ont été élaborés à partir des suivis myrmécologiques réalisés sur les zones à risques définies par Vale NC. Par conséquent, ils ne peuvent s'appliquer en l'état qu'à ces zones fortement dégradées par l'activité minière et industrielle, et non aux milieux naturels conservés.</p>			
<p><b>Evolutions</b></p>	<p>Version</p>	<p>finale</p>	<p>Date de la version</p>	<p>Mai 2015</p>

# SOMMAIRE

<b>Chapitre I - Introduction</b>	<b>1</b>
I.1 Les indicateurs biologiques	1
I.2 Les fourmis bio-indicatrices	3
I.3 Contexte de l'étude	4
<b>Chapitre II - Les suivis myrmécologiques sur le site de Vale NC</b>	<b>5</b>
II.1 Zones concernées par les campagnes d'échantillonnages	5
II.2 Protocole utilisé	5
<i>II.2.1 Le piégeage à l'aide d'appâts alimentaires</i>	8
<i>II.2.2 La recherche active à vue</i>	8
<b>Chapitre III – Résultats</b>	<b>9</b>
III.1 Liste des espèces contactées	9
<i>III.1.1 Appâts inoccupés</i>	9
<i>III.1.2 Espèces locales</i>	9
<i>III.1.3 Espèces envahissantes présentes sur le territoire néo-calédonien</i>	10
<i>III.1.4 Autres espèces exogènes introduites</i>	12
<i>III.1.5 Nouvelles espèces envahissantes</i>	12
III.2 Elaboration des différents indicateurs	14
<i>III.2.1 Fourmis exogènes envahissantes : détection de nouvelles espèces et surveillance des espèces déjà présentes</i>	15
<i>III.2.2 Etat de dégradation écologique des zones anthropisées</i>	18
<b>Chapitre V - Conclusion</b>	<b>21</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>22</b>
<b>Annexes</b>	<b>26</b>
Fiche 1	27
Fiche 2	32
Cartes	37

## Chapitre I - Introduction

### I.1 Les indicateurs biologiques

Le développement des activités humaines, qu'elles soient terrestres ou marines, représente actuellement la principale menace pesant sur la biodiversité. Outre l'altération des écosystèmes par la destruction ou l'altération des habitats, cause majeure de la disparition des espèces, les activités humaines sont également à l'origine d'innombrables invasions biologiques qui se produisent au détriment de l'intégrité des habitats. Les pollutions chroniques ou les contaminations par des agents chimiques exogènes constituent d'autres exemples de perturbations altérant l'équilibre des écosystèmes (Lowe *et al.* 2000, Mack *et al.* 2000, Ricklefs 2005, Vermeij 2005, Lockwood *et al.* 2007).

Actuellement, un des principaux objectifs de la biologie de la conservation est l'élaboration d'outils adéquats permettant d'évaluer les niveaux de diversité taxonomique des écosystèmes, d'analyser les réponses des écosystèmes aux perturbations, ou encore d'examiner les changements environnementaux (Gerlach *et al.* 2013). Ainsi, l'identification de bio-indicateurs robustes est devenue une démarche essentielle dans la mise en place des suivis environnementaux (McGeoch 1998). Afin que l'information qu'ils produisent puisse être efficacement utilisée par les gestionnaires de l'environnement en charge de la conservation ou de la restauration des écosystèmes, les indicateurs biologiques doivent refléter de manière satisfaisante l'entité à laquelle ils se substituent pour l'analyse, c'est-à-dire l'écosystème dans sa globalité, biotique et abiotique, ce qui inclut les relations entre les différents taxons qui le composent. La sélection d'indicateurs repose ainsi sur plusieurs critères (Gerlach *et al.* 2013) :

- (1) les bio-indicateurs doivent être raisonnablement abondants pour permettre leur échantillonnage,
- (2) les taxons retenus doivent comporter un certain nombre d'espèces aux sensibilités variées, c'est-à-dire occupant des niches écologiques différentes, pour que tout changement observé dans leurs abondances respectives puisse être interprété significativement,
- (3) leur taxonomie doit être relativement bien établie et l'expertise taxonomique doit être accessible,
- (4) leur échantillonnage se doit d'être suffisamment abordable pour que des gestionnaires environnementaux non-spécialistes puissent l'effectuer de façon récurrente,
- (5) les taxons bio-indicateurs doivent pouvoir être comparés entre zones géographiques distinctes.

Traditionnellement, les oiseaux et les plantes vasculaires sont les principaux bio-indicateurs utilisés dans l'évaluation de l'état écologique des écosystèmes terrestres (Lansberg *et al.* 1999, Andersen *et al.* 2004). Toutefois, du fait de la biomasse qu'ils représentent, de leur grande diversité et des fonctions fondamentales qu'ils remplissent au sein des écosystèmes terrestres, une attention particulière a été portée sur l'utilisation des invertébrés comme bio-indicateurs (Disney 1986, Rosenberg *et al.* 1986, Majer 1989, Andersen 1997, McGeoch *et al.* 2011). En effet, les populations d'invertébrés peuvent répondre rapidement aux impacts de perturbations ponctuelles, telles que certaines techniques de gestion des écosystèmes. Elles peuvent également enregistrer les changements à long terme liés aux programmes de restauration écologique, à la répétition d'incendies ou plus largement au changement climatique (McGeoch 1998, Parmesan *et al.* 1999, Bisevac & Majer 1999, York 2000, Underwood & Fisher 2006). Plusieurs études tendent à démontrer que les invertébrés terrestres constituent des évaluateurs de biodiversité potentiellement plus efficaces que les vertébrés, tant au niveau de la représentativité de la richesse biologique globale de l'écosystème, qu'au niveau de la mise en place des protocoles d'échantillonnage (Kremen *et al.* 1993, Bisevac & Majer 1999, Gerlach *et al.* 2013).

D'une manière générale, les invertébrés terrestres sont relativement faciles et rapides à échantillonner. Toutefois, un échantillonnage exhaustif de cette faune produira inévitablement une quantité astronomique de spécimens dont l'identification et le traitement analytique deviennent alors rapidement insurmontables. Une approche plus rationnelle consiste à privilégier un ou plusieurs groupes d'indicateurs reflétant efficacement l'état de la faune des invertébrés dans sa globalité. Par exemple, les Coléoptères, en particulier les Carabidae, sont des indicateurs très utilisés pour évaluer les changements environnementaux au sein des écosystèmes tempérés ou boréaux (Eyre & Luff 2002, Niemelä *et al.* 2000). D'autres groupes, tels que les papillons (McQuillan 1999; Kitching *et al.* 2000), les araignées (Churchill 1997) ou les orthoptères (Andersen *et al.* 2001) s'avèrent également très intéressants malgré l'état encore parcellaire, dans beaucoup de régions, des connaissances scientifiques à leur égard (Andersen & Majer 2004).

Présentes dans la plupart des milieux, depuis les zones désertiques jusqu'aux forêts boréales en passant par les forêts humides tropicales, les fourmis sont généralement bien étudiées et ces connaissances sont relativement partagées à travers le monde (Andersen & Majer 2004, Underwood & Fisher 2006). Comme elles occupent une grande variété de niveaux trophiques au sein des écosystèmes, les communautés de fourmis constituent une source d'information suffisamment riche pour permettre aux gestionnaires de l'environnement de rendre compte des différentes dimensions des changements écologiques.

## I.2 Les fourmis bio-indicatrices

Terricoles ou arboricoles, les fourmis sont généralement les organismes dominants des écosystèmes qu'elles occupent. Elles peuvent dépasser en biomasse la plupart des autres groupes (vertébrés inclus) et remplissent un grand nombre de fonctions écologiques (Hölldobler & Wilson 1990, Lach *et al.* 2010). Elles sont à la fois des prédateurs qui régulent les populations de nombreux autres insectes, des éboueurs qui font disparaître les cadavres d'insectes ou de petits animaux, des pollinisateurs, et des acteurs essentiels de la dispersion des graines, ainsi que de l'enrichissement des sols (Wilson 1987, Tobin 1994, MacMahon *et al.* 2000, Floren *et al.* 2002). Elles ont développé des interactions privilégiées ou symbiotiques avec une immense diversité de plantes ou d'arthropodes, ainsi qu'avec une multitude de champignons ou de micro-organismes (Jolivet 1996, Schultz & Mc Glynn 2000, Mueller *et al.* 2001). Ces fonctions essentielles qu'elles remplissent au sein des écosystèmes terrestres en font des espèces dites « clés de voûte » (Hölldobler & Wilson 1990, Bond 1993). Des changements dans la composition de la myrmécofaune peuvent par conséquent profondément perturber le fonctionnement d'un écosystème et affecter des communautés biologiques entières (Jones *et al.* 1994, Folgarait 1998). Les fourmis constituent de ce fait de véritables indicateurs de la biodiversité et de la santé des écosystèmes et ont été largement employées dans ce but (Majer 1983, Alonso 2000, Kasper & Majer 2000, Holway *et al.* 2002, Andersen *et al.* 2004). Des suivis des communautés de fourmis ont ainsi été réalisés en Australie, au Brésil et en Afrique du Sud afin d'examiner l'évolution des programmes de restauration écologique mis en place après une exploitation minière intense (Majer *et al.* 1984, Andersen 1997, Majer 1992, Majer & de Kock 1992, Gerlach *et al.* 2013). Ces études indiquent que la composition des communautés de fourmis reflètent la recolonisation du milieu par les autres groupes d'invertébrés, la richesse de la myrmécofaune étant souvent corrélée à celle d'autres invertébrés tels que les termites, les coléoptères ou les scorpions (Fox & Fox 1982, Majer 1983, 1985, Majer & de Kock 1992, Andersen *et al.* 1998, Abensperg-Traun & Steven 1996, Oliver & Beattie 1996b).

### I.3 Contexte de l'étude

En Nouvelle-Calédonie, la myrmécofaune fait aujourd'hui l'objet de suivis sur certains sites industriels et miniers tels que celui de Vale NC. Ces suivis ont pour principal objet la détection précoce de nouvelles espèces envahissantes pouvant potentiellement être introduites par le biais des activités humaines. Dès lors, l'OEIL souhaite évaluer la faisabilité du développement d'un ou plusieurs indicateurs « myrmécologiques » pertinents permettant de caractériser les pressions exercées par ces espèces envahissantes sur les milieux étudiés. Cet outil pourra, in fine, être utilisé par les gestionnaires afin de mettre en place les mesures de gestion adéquates vis-à-vis des espèces de fourmis envahissantes, déjà présentes ou susceptibles d'être introduites. Par ailleurs, il semble intéressant d'évaluer si les données récoltées lors de ces suivis myrmécologiques peuvent permettre de diagnostiquer l'état de dégradation de ces milieux terrestres très secondarisés, de type zone industrielle.

## Chapitre II - Les suivis myrmécologiques sur le site de Vale NC

Dans le cadre d'un programme de prévention des introductions d'espèces de fourmis envahissantes en Nouvelle-Calédonie, des campagnes d'échantillonnages régulières sont imposées sur tous les sites sensibles du territoire (ports et aéroports internationaux). Lors de la phase de construction ainsi que pendant toute son exploitation, le site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie reçoit de grandes quantités de matériels et de matériaux directement de l'étranger. En ce sens, certaines zones de stockage de ce matériel importé sont considérées comme étant à risque car des fourmis envahissantes peuvent y être accidentellement introduites (Tableau 1). C'est ainsi que depuis octobre 2008, des campagnes de surveillance sont réalisées par le cabinet d'expertise BIODICAL.

### II.1 Zones concernées par les campagnes d'échantillonnages

Cinq zones à risque ont été identifiées par le personnel du service Environnement de Vale Nouvelle-Calédonie (Tableau 2, Carte 1). Le critère principal pour l'identification a été la présence sur ces zones de marchandises, de containers ou de matériaux en vrac (calcaire, charbon et soufre) importés de l'étranger pour les besoins de l'industriel lors des phases de construction et d'exploitation de ses installations. L'identification de ces zones a été réalisée au fur et à mesure de la construction et de la mise en service du complexe industriel et de ce fait, toutes n'ont pas bénéficié du même nombre de campagnes de surveillance, comme stipulé dans le tableau 1.

### II.2 Protocole utilisé

Les fourmis nidifient et fourragent dans tous les étages du biotope : dans le sol, la litière, le bois mort ainsi que dans la végétation, jusque dans la canopée, ce qui implique l'utilisation de techniques d'échantillonnage variées et complémentaires. Ces techniques incluent par exemple le piégeage passif (*e.g.* pitfall traps), l'échantillonnage de la litière (*e.g.* pièges Winckler), la recherche active « à vue », ou l'utilisation d'appâts (Bestelmeyer *et al.* 2000). Toutefois, les protocoles utilisés pour des études visant à la simple caractérisation générale d'une myrmécofaune vont différer de ceux qui sont nécessaires pour établir la liste exhaustive des espèces présentes dans un milieu (Longino & Colwell 1997). Par ailleurs, compte-tenu des caractéristiques de la myrmécofaune néo-calédonienne (sous-représentation des espèces arboricoles et sous-terraines : Berman 2013) et du caractère très secondarisé des habitats inventoriés, le choix des techniques appropriées se restreint considérablement.

Espèces	Présence avérée en NC
<i>Anoplolepis gracilipes</i>	+
<i>Camponotus maculatus</i> group	-
<i>Cardiocondyla emeryi</i>	+
<i>Cardiocondyla kagutsuchi</i>	-
<i>Cardiocondyla mauritanica</i>	-
<i>Cardiocondyla minutor</i>	-
<i>Cardiocondyla obscurior</i>	+
<i>Cardiocondyla wroughtonii</i>	+
<i>Hypoponera opaciceps</i>	+
<i>Hypoconera punctatissima</i>	+
<i>Iridomyrmex anceps</i> group	-
<i>Linepithema humile</i>	-
<i>Monomorium destructor</i>	+
<i>Monomorium floricola</i>	+
<i>Monomorium liliuokalanii</i>	-
<i>Monomorium pharaonis</i>	+
<i>Nylanderia vaga</i>	+
<i>Ochetellus glaber</i> group	+
<i>Odontomachus simillimus</i>	+
<i>Pachycondyla stigma</i>	-
<i>Paratrechina bourbonica</i>	-
<i>Paratrechina longicornis</i>	+
<i>Pheidole fervens</i>	-
<i>Pheidole megacephala</i>	+
<i>Pheidole oceanica</i>	+
<i>Plagiolepis alluaudi</i>	+
<i>Pyramica membranifera</i>	+
<i>Solenopsis geminata</i>	+
<i>Solenopsis invicta</i>	-
<i>Solenopsis papuana</i>	+
<i>Strumigenys godeffroyi</i>	-
<i>Strumigenys rogeri</i>	-
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	+
<i>Technomyrmex albipes</i>	+
<i>Technomyrmex difficilis</i>	-
<i>Technomyrmex vitiensis</i>	+
<i>Tetramorium bicarinatum</i>	+
<i>Tetramorium caldarium</i>	-
<i>Tetramorium insolens</i>	-
<i>Tetramorium lanuginosum</i>	-
<i>Tetramorium pacificum</i>	+
<i>Tetramorium simillimum</i>	+
<i>Tetramorium tonganum</i>	+
<i>Wasmannia auropunctata</i>	+

**Tableau 1 :** Liste des espèces de fourmis exogènes régulièrement rencontrées dans la région Pacifique, avec indication de leur présence (+) ou absence (-) en Nouvelle-Calédonie (source : [www.antwiki.org](http://www.antwiki.org)). Les espèces indiquées en rouge sont les espèces potentiellement unicoloniales qui se révèlent les plus envahissantes.

Les îles du Pacifique ont reçu plus de fourmis invasives qu'aucune autre région du monde. Des espèces telles que *W. auropunctata*, *A. gracilipes* ou *L. humile* ont déjà provoqué des dégâts immenses sur certaines îles de Polynésie, de Mélanésie ou de Micronésie. La plus connue de toutes, *S. invicta* a déjà établi des colonies en Asie et en Australie, et est donc proche d'envahir les îles du Pacifique. Lorsque de telles espèces envahissantes se sont établies, il est pratiquement impossible de les éradiquer. Leur détection précoce est donc essentielle pour stopper leur dissémination. Dès lors, les programmes de surveillance sur les sites à haut risque (tous les ports d'entrées potentiels) sont le moyen le plus efficace pour garder ces espèces hors des territoires non-envahis et préserver la biodiversité et les ressources économiques locales (source : PIAkey : <http://itp.lucidcentral.org/id/ant/pia/index.html>).

Ainsi, dans le cadre des suivis myrmécologiques à Vale NC, afin de simplifier la mise en place de l'échantillonnage et de réduire le poids des espèces rares dans l'analyse des résultats, le protocole utilisé a été optimisé pour la détection des espèces les plus fréquentes. Pour cela, la technique des appâts attractifs semble particulièrement appropriée car l'abondance des ouvrières présentes sur ces appâts est une indication des relations de dominance écologique et comportementale au sein de la communauté de fourmis (Bestelmeyer *et al.* 2000). Par ailleurs, les campagnes de suivis semestrielles sont effectuées en avril et octobre, périodes propices aux inventaires myrmécologiques car les fourmis y sont très actives, à l'inverse de l'hiver néo-calédonien (juillet-août).

<b>Noms des zones</b>	<b>Nombre de campagnes réalisées</b>	<b>Critères d'identification pour le classement en zone à risque</b>
<b>MAGASIN</b>	12	<b>Docks et aire extérieure de stockage de nombreuses marchandises</b>
<b>VRAC</b>	12	<b>Zones de stockage des vracs (calcaire, charbon, soufre)</b>
<b>STEP</b>	10	<b>Cette zone englobe 4 sous-zones: la station d'épuration, l'ancienne cimenterie Wagner, la parcelle de revégétalisation et l'aire d'entreposage de containers et de marchandises</b>
<b>PORT</b>	13	<b>Zone du port, Zone de stockage de containers et de matériel</b>
<b>MINE_FPP</b>	4	<b>Zone de stockage de matériel située dans le périmètre d'exploitation</b>

**Tableau 2 :** Liste des différentes zones à risques pour l'introduction d'espèces de fourmis exogènes sur le site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie à Prony. La première campagne s'est déroulée sur le Port en septembre 2008. Les dernières campagnes jusqu'à ce jour ont eu lieu en octobre 2014, sur l'ensemble des cinq zones.

### ***II.2.1 Le piégeage à l'aide d'appâts alimentaires***

Il consiste à disposer des appâts alimentaires hautement attractifs pour les principales fourmis envahissantes. Cet appât est constitué d'un mélange de miel, de miettes de thon à l'huile et de biscuits écrasés (Human et Gordon 1999). Les appâts sont placés au niveau du sol sur toutes les zones à risque. Ce mélange contenant à la fois des sucres, des lipides et des protéines se révèle très appétant pour un large spectre d'espèces de fourmis et convient parfaitement à ce genre de campagne de détection. Pour chaque station d'échantillonnage, l'équivalent d'une cuillère à café de ce mélange est placé en divers endroits au sol et/ou en hauteur, sur un maillage de 15 mètres sauf dans les zones où le sol est tellement compact qu'il empêche toute installation potentielle de colonies. Chaque appât est géo-référencé à l'aide d'un récepteur GPS, permettant ainsi une localisation précise en cas de détection de fourmis envahissantes. Une heure après la pose, les appâts sont relevés et les fourmis présentes sont collectées.

### ***II.2.2 La recherche active à vue***

Le piégeage par les appâts est le plus souvent complété par une recherche se faisant de manière active sur tous les sites potentiels de nidification : planches de bois, plantes, crevasses, etc...

## Chapitre III – Résultats

Depuis septembre 2008, entre 4 et 13 campagnes d'échantillonnage ont été réalisées sur les différentes zones de stockages sélectionnées pour la mise en place des suivis (Tableau 2). Chacune de ces campagnes représentent, en moyenne, 2 565 appâts disposés sur l'ensemble des zones de stockages, ainsi que dans leurs bordures végétalisées (ex : Carte 2).

### III.1 Liste des espèces contactées

Depuis septembre 2008, trente-quatre espèces ont été échantillonnées lors de ces suivis, ce qui permet de caractériser la communauté de fourmis présentes sur les zones de stockage du site industriel et minier de Vale NC (Tableau 3). Ces espèces appartiennent à cinq sous-familles réparties en vingt-trois genres. Seize sont des espèces locales. Les dix-huit autres sont des espèces introduites, la plupart assez communes dans les milieux anthropisés de Nouvelle-Calédonie. Parmi ces dernières, trois comptent parmi les cinq espèces de fourmis envahissantes les plus néfastes dans le monde: *Anoplolepis gracilipes* (la fourmi folle jaune : FFJ), *Pheidole megacephala* (la fourmi noire à grosse tête : FNGT) et *Wasmannia auropunctata* (la fourmi électrique : FE). Ces trois pestes sont bien implantées sur le territoire néo-calédonien et provoquent des dégâts importants sur la biodiversité au sein des écosystèmes qu'elles envahissent. Une quatrième espèce à caractère envahissant, *Solenopsis geminata* (la fourmi de feu tropicale), est également rencontrée très fréquemment lors de ces campagnes d'échantillonnage (figure 1).

#### III.1.1 Appâts inoccupés

Une grande proportion des appâts restent inoccupés, c'est-à-dire qu'aucune ouvrière d'aucune espèce de fourmis ne l'a trouvé pendant l'heure impartie, révélant alors l'absence de colonie à proximité de l'appât. Ces appâts inoccupés se retrouvent essentiellement sur les surfaces décapées des zones de stockages où règnent des conditions peu propices au développement des colonies de fourmis (chaleur, sécheresse, pauvreté des ressources). Seules certaines espèces introduites parviennent toutefois à supporter les conditions drastiques qui règnent sur les plateformes de stockage.

#### III.1.2 Espèces locales

La majorité des espèces locales (autochtones ou endémiques) a été observée dans les zones végétalisées (zones forestières, para-forestières ou maquis minier) bordant les zones de stockage et

offrant des conditions bien plus favorables (Carte 3). Ceci explique pourquoi la zone MAGASIN, située dans le centre du site industriel et dépourvue de bordure végétalisée, est une zone plus pauvre en espèces locales et en fourmis d'une manière générale.

Les espèces de fourmis locales peuvent généralement s'accommoder des perturbations et ouvertures induites par les activités humaines tant qu'elles restent modérées et que les populations de fourmis envahissantes ne sont pas trop importantes. La communauté de fourmis mise en évidence au cours de ces inventaires sur les cinq zones de stockage, présente une certaine pauvreté en espèces locales (figure 1). Cette faible représentation s'observe à la fois sur la composition spécifique de la myrmécofaune, 16 des 33 espèces détectées sont des espèces locales, mais également sur les taux de présence sur les appâts (Carte 3).

Parmi les 16 espèces de fourmis locales détectées sur les zones d'étude, *Polyrhachis guerini* est celle que l'on retrouve le plus fréquemment (4,4% des relevés en octobre 2014). On la retrouve dans la plupart des bordures végétalisées, pour peu que ces dernières ne soient pas envahies par l'une ou l'autre des espèces envahissantes majeures (cf. ci-dessous).

La myrmécofaune locale est également illustrée par la présence des espèces *Iridomyrmex calvus* (1,7%) et les espèces du genre *Leptomyrmex* (1,1%) qui sont très fréquemment rencontrées dans les milieux naturels de Nouvelle-Calédonie.

### **III.1.3 Espèces envahissantes présentes sur le territoire néo-calédonien**

Trois espèces, la fourmi électrique *W. auropunctata* (FE : 2,9% des relevés en octobre 2014), la fourmi folle jaune *A. gracilipes* (FFJ : 2,2%) et la fourmi noire à grosse tête (FNGT : éradiquée du site depuis 2009) sont des pestes majeures en Nouvelle-Calédonie. Depuis leur introduction sur le territoire, ces trois espèces unicoloniales n'ont cessé de conquérir la Grande Terre ainsi que les îles, profitant des perturbations induites par les activités humaines, notamment l'ouverture des milieux par le défrichage et les incendies, pour s'implanter et coloniser de nouveaux espaces.

Par ailleurs, l'espèce à caractère envahissant *Solenopsis geminata* (la fourmi de feu tropicale : 6,9%), est également présente sur les zones d'inventaire, mais à l'inverse des espèces envahissantes, n'étant pas elle-même unicoloniale, elle ne forme pas de vastes populations sur le territoire calédonien. Son impact environnemental est ainsi moins prononcé et cantonné aux zones ouvertes à herbacées, son milieu de prédilection. Par ailleurs, le fait que ses colonies se reproduisent par des vols nuptiaux rend très délicats d'éventuels programmes d'éradication. Pour ces raisons, elle ne sera pas spécifiquement prise en compte dans l'élaboration des indicateurs myrmécologiques.

Sous-Famille	Espèces	Statut	Présence connue en NC avant 2008
Dolichoderinae	<i>Iridomyrmex calvus</i>	Locale	Oui
	<i>Leptomymex nigriceps</i>	Locale	Oui
	<i>Leptomymex pallens</i>	Locale	Oui
	<i>Ochetellus cf. glaber</i>	Introduite (*)	Oui
	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	Introduite	Oui
	<i>Technomyrmex albipes</i>	Introduite	Oui
Ectatominae	<i>Rhytidoponera VAL1</i>	Locale	Oui
Formicinae	<i>Anoplolepis gracilipes</i>	Introduite	Oui
	<i>Brachymymex obscurior</i>	Introduite	Oui
	<i>Nylanderia vaga</i>	Introduite	Oui
	<i>Paraparatrechina caledonica / VAL1</i>	Locale	Oui
	<i>Paraparatrechina foreli nigriventris</i>	Locale	Oui
	<i>Paraparatrechina VAL3</i>	Locale	Oui
	<i>Paratrechina longicornis</i>	Introduite	Oui
	<i>Plagiolepis alluaudi</i>	Introduite	Oui
	<i>Polyrachys guerini</i>	Locale	Oui
Myrmicinae	<i>Cardiocondyla emeryi</i>	Introduite	Oui
	<i>Carebara soldalis</i>	Locale	Oui
	<i>Lordomyrma VAL1</i>	Locale	Oui
	<i>Monomorium floricola</i>	Introduite	Oui
	<i>Monomorium tricolor</i>	Locale	Oui
	<i>Monomorium VAL3</i>	Locale	Oui
	<i>Pheidole luteipes</i>	Locale	Oui
	<i>Pheidole megacephala</i>	Introduite	Oui
	<i>Pheidole oceanica</i>	Introduite	Oui
	<i>Pheidole VAL4</i>	Locale	Oui
	<i>Solenopsis geminata</i>	Introduite	Oui
	<i>Solenopsis cf. papuana</i>	Locale	Oui
	<i>Tetramorium bicarinatum</i>	Introduite	Oui
	<i>Tetramorium simillimum</i>	Introduite	Oui
	<i>Tetramorium tonganum</i>	Introduite	Oui
	<i>Wasmannia auropunctata</i>	Introduite	Oui
Ponerinae	<i>Hypoponera VAL1</i>	Locale	Oui
	<i>Odontomachus cf. simillimus</i>	Introduite (*)	Oui

**Tableau 3.** Liste des espèces de fourmis détectées sur le site industriel de Vale NC à Prony depuis septembre 2008. Les espèces apparaissant en rouge sont des espèces envahissantes en Nouvelle-Calédonie. (\*) : statut incertain.

### III.1.4 Autres espèces exogènes introduites

Les quinze autres espèces de fourmis introduites rencontrées sur les zones d'étude sont toutes des espèces appartenant au groupe des fourmis vagabondes (Passera 1984). Ces espèces sont assez largement répandues dans toute la ceinture tropicale du globe. Parmi celles-ci, quatre sont des espèces communes des milieux anthropisés ou des milieux naturels plus ou moins perturbés, avec un niveau de nuisibilité faible (ne posant pas de problème écologique grave). L'espèce pionnière *Brachymyrmex obscurior* et les espèces *Nylanderia vaga* et *Odontomachus cf. simillimus* en sont de parfaites illustrations. D'après les observations, ces espèces ne modifient pas de façon importante le fonctionnement de l'écosystème. L'espèce *O. cf. simillimus* a un statut taxonomique et biogéographique incertain, considérée tantôt comme exogène, tantôt comme autochtone à la Nouvelle-Calédonie (Berman 2013). Etant donnée sa forte affiliation aux milieux anthropisés, nous choisissons pour cette étude de l'associer aux espèces exogènes typiques des milieux très secondarisés. La situation est similaire pour l'espèce *Ochetellus cf. glaber*.

### III.1.5 Nouvelles espèces envahissantes

L'objectif principal de ces campagnes semestrielles d'inventaires myrmécologiques sur le site de Vale NC est la détection précoce de nouvelles espèces envahissantes, à ce jour toujours absentes du territoire, mais risquant fortement d'être importées du fait de l'arrivée massive de matériel depuis des zones géographiques contaminées (Tableau 1). En particulier, ces campagnes d'échantillonnage visent la détection de la fourmi de feu (« Red Imported Fire Ant », RIFA), *Solenopsis invicta*, dont l'impact social, économique et écologique dans les zones d'introduction est considérable. D'autres fourmis envahissantes ayant des impacts négatifs sur l'économie, l'environnement et la santé dans les zones envahies, telles que la fourmi d'Argentine *Linepithema humile* sont également recherchées. Ces espèces sont notamment présentes en Australie et en Chine, principaux fournisseurs de matériel pour le site industriel.

Depuis le début de la mise en place de ces suivis et jusqu'à présent, ces deux espèces de fourmis envahissantes n'ont jamais été détectées sur le site industriel de Vale NC.

## Pourcentage d'occupation des appâts sur les cinq zones d'étude (oct 2014)

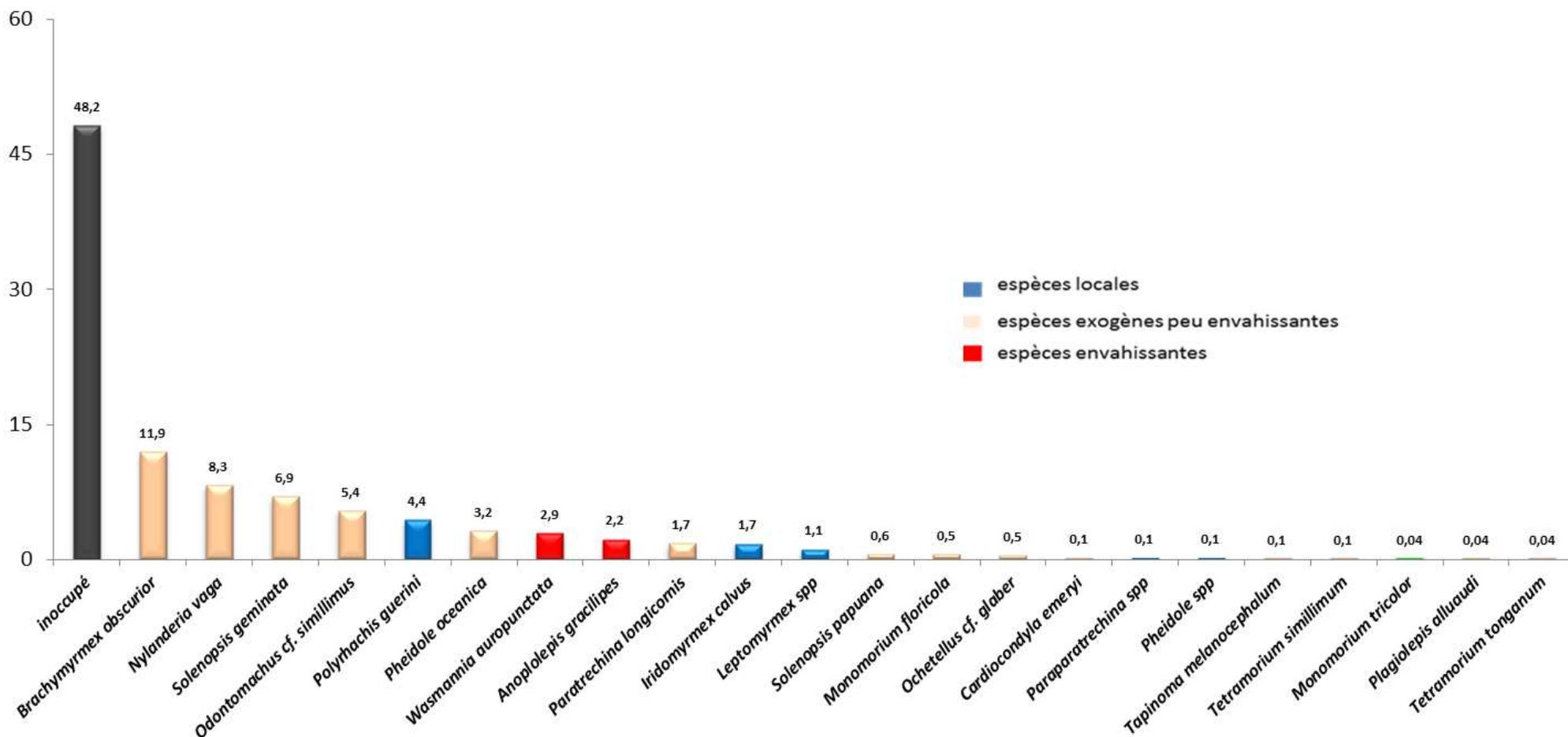


Figure 1. Pourcentage moyen d'occupation des appâts par les différentes espèces rencontrées sur les 5 zones de suivis en octobre 2014, illustrant la bonne représentation des espèces exogènes introduites, dont les deux envahissantes *W. auropunctata* et *A. gracilipes* au détriment de la myrmécfaune locale sur le site industriel de Vale NC.

### III.2 Elaboration des différents indicateurs

Une préoccupation importante chez les gestionnaires de l'environnement pour l'utilisation d'un bio-indicateur concerne la difficulté de sa mise en place ainsi que le temps et le coût financier qui doivent lui être consacrés (Andersen 2010). C'est particulièrement vrai pour des groupes faunistiques tels que les invertébrés terrestres dont la connaissance est traditionnellement moins approfondie que pour d'autres taxons.

Pourtant, des études montrent clairement que certains groupes d'invertébrés terrestres, dont les fourmis, peuvent être plus efficaces que les plantes ou les vertébrés en terme d'information et de rapport budget-temps consacrés tant sur le terrain qu'au laboratoire (Majer *et al.* 2007). De plus, plusieurs études menées en contexte minier en Australie ont montré qu'un échantillonnage simplifié de la myrmécofaune, ne retenant que le critère présence/absence des seules espèces de taille supérieure à 4 mm, s'avérait tout aussi efficace qu'un inventaire exhaustif (Andersen *et al.* 2002, Andersen & Majer 2004, Andersen 2010, Gerlach *et al.* 2011).

Dans le cadre des suivis myrmécologiques de Vale NC, il convient maintenant de synthétiser et de hiérarchiser les informations pertinentes afin de sélectionner les indicateurs qui permettront de caractériser les pressions exercées par les espèces de fourmis envahissantes et suggéreront aux gestionnaires les mesures de gestions à mettre en œuvre. Par ailleurs, il semble intéressant d'évaluer si les données récoltées lors de ces suivis myrmécologiques peuvent permettre de diagnostiquer l'état de dégradation de ces milieux terrestres très secondarisés, pour servir d'outil d'évaluation des processus de réhabilitation écologique qui seront éventuellement mis en place sur ces sites dégradés lors de la phase de démantèlement du site.

### **III.2.1 Fourmis exogènes envahissantes: détection de nouvelles espèces et surveillance des espèces déjà présentes (Fiche 1).**

A l'instar de nombreuses îles du Pacifique, la Nouvelle-Calédonie subit lourdement l'impact environnemental des fourmis exogènes envahissantes. L'activité minière et industrielle menée par Vale NC représente un risque très élevé d'introduction de nouvelles espèces dont le territoire a pu se préserver jusqu'à ce jour. Par ailleurs, concernant les espèces envahissantes déjà présentes, le risque de dissémination est considérablement accru par l'activité industrielle.

#### **III.2.1.a Introduction de nouvelles espèces envahissantes**

Les campagnes de biosécurité menées sur le site de Vale NC visent prioritairement la détection précoce de nouvelles espèces de fourmis envahissantes qui ne sont pas encore répertoriées sur le territoire néo-calédonien. Les espèces ciblées par ces campagnes sont connues (cf. § III.1.5, Tableau 1) : il s'agit d'espèces unicoloniales<sup>2</sup> envahissantes, référencées par l'IUCN et considérées parmi les 100 espèces, plantes et animaux confondus, les plus invasives au monde et dont le déplacement est à proscrire absolument (Lowe *et al.* 2000). Ces espèces bénéficient bien souvent de politiques bio-sécuritaires peu efficaces, permettant leur dissémination hors de leur milieu d'origine, à très large échelle, en particulier dans les îles du Pacifique où elles sont la cause de dégâts environnementaux, économiques et sanitaires très importants.

Ainsi, la présence avérée des espèces envahissantes *Solenopsis invicta* et *Linepithema humile* dans des pays tels que l'Australie ou la Chine, partenaires économiques privilégiés pour l'industriel Vale NC, représente un facteur de risque très important pour un territoire tel que la Nouvelle-Calédonie. Les coûts liés à des campagnes d'éradication trop tardives (*i.e.* lorsque l'espèce envahissante s'est déjà implantée sur le site et a pu potentiellement être déplacée en d'autres points du territoire) sont extrêmement élevés. A titre d'exemple, le coût économique (impacts et lutte) lié à l'invasion par la seule espèce *S. invicta* est estimé aux Etats-Unis à plusieurs milliards de dollars par an (Williams *et al.* 2001), avec un résultat peu satisfaisant, ce qui souligne l'importance des mesures permettant leur détection précoce, c'est-à-dire dès l'arrivée éventuelle sur le site de matériaux contaminés.

Cette détection précoce permettra donc, le cas échéant, de mettre en place le plus rapidement possible les mesures de gestion appropriées :

---

<sup>2</sup> Chez les fourmis, l'unicolonialité est un type de structure sociale caractérisé par des colonies très polygynes (grand nombre de reines) et l'absence d'agressivité intra-spécifique permettant les échanges de reines, de couvain et de nourriture. Cette structure sociale très particulière peut se développer jusqu'à la formation de « super colonies » dépourvues de frontières territoriales, dans lesquelles toutes les colonies sont interconnectées.

- délimitation de la zone infestée (méthode des appâts)
- définition d'un périmètre de sécurité (zone tampon de 50 à 100m autour des appâts concernés)
- mise en place d'une zone de quarantaine (pour éviter le déplacement de matériel depuis la zone infestée)
- mise en place d'un programme d'éradication, la seule méthode efficace à ce jour étant l'épandage d'appâts toxiques.

### **III.2.1.b Surveillance des espèces envahissantes déjà connues par ailleurs sur le territoire**

Sur le site industriel, l'activité incessante (*e.g.* modifications des réseaux de pistes, travaux de déboisements, *etc.*), ainsi que le déplacement de matériel (containers, engins) et/ou matériaux (déchets, sol, bois, *etc.*) entre différents secteurs constituent autant de facilitateurs pour la propagation et le développement des colonies de fourmis envahissantes déjà implantées sur le site et par ailleurs bien connues sur le territoire néo-calédonien. Les suivis réalisés sur les plateformes de stockage, ainsi que dans leurs bordures végétalisées, permettent de surveiller les populations de fourmis envahissantes qui y sont présentes, et de prévenir de possibles nouvelles contaminations.

A l'instar des espèces ciblées ci-dessus, la FE (*W. auropunctata*), la FFJ (*A. gracilipes*) et la FNGT (*P. megacephala*) sont des espèces envahissantes unicoloniales dont les impacts environnementaux très importants sont déjà avérés sur le territoire (§ III.1.3) : compétition avec les espèces de fourmis locales qui finissent par disparaître, pression sur les autres invertébrés (prédation, harcèlement), ainsi que sur certains vertébrés (lézards, oiseaux), élevage d'insectes suceurs de sève exerçant une pression importante sur la végétation, *etc.*

Au même titre que pour les espèces envahissantes inédites (§ III.2.1.a), la détection d'une nouvelle population de l'une de ces trois espèces, dans une zone de suivi auparavant non-infestée, doit entraîner la mise en place des mêmes mesures de gestion, à savoir : délimitation de la zone infestée et de sa zone tampon, l'ensemble devenant zone de quarantaine, puis mise en place rapide d'un programme d'éradication.

En revanche, pour les populations plus anciennes, qui préexistaient à la mise en place des suivis myrmécologiques sur les zones à risque, un éventuel programme d'éradication pourrait s'avérer plus difficile à planifier compte-tenu des surfaces à traiter potentiellement très importantes et des coûts financiers associés à de telles opérations. Surtout, contrairement au cas précédent concernant l'arrivée de nouvelles populations, il est bien souvent impossible de déterminer si les activités de

l'industriel sont à l'origine de l'implantation de ces populations plus anciennes sur ces sites, ou si le milieu était déjà infesté avant la mise en place du projet industriel.

Toutefois, même lorsque la responsabilité ne peut être établie, il convient malgré tout que les zones infestées soient délimitées et placées en quarantaine afin de limiter les risques de propagations fortuites. Par la suite, ces populations peuvent être suivies afin d'en évaluer les menaces : une progression nette et rapide des fronts d'invasion (limites de la population) doit inciter le gestionnaire à agir rapidement pour éradiquer ou cantonner cette population, surtout si elle s'est établie à proximité immédiate d'une zone naturelle d'intérêt écologique encore indemne, ou à proximité de « lieux de vie » (Base-Vie, Bureaux, Docks, Ateliers) fréquentés par l'ensemble du personnel travaillant sur le site. Dans ce dernier cas, la fourmi électrique (*W. auropunctata*) peut représenter un risque de nuisance très important du fait de sa piqûre très douloureuse et potentiellement allergisante.

Même si les impacts environnementaux causés par ces deux espèces peuvent se trouver minorés par le fait que les zones de suivis se trouvent généralement dans un état de dégradation déjà très avancé (dû à l'anthropisation extrême du milieu), il n'en demeure pas moins que ces populations de fourmis envahissantes constituent des sources permanentes pour d'éventuelles disséminations fortuites (par transport de matériel) vers des zones naturelles situées en périphérie immédiate.

Ainsi, le simple paramètre présence/absence de ces espèces envahissantes, qu'elles soient nouvelles pour le territoire ou déjà répertoriées par ailleurs, permet de mettre en place un indicateur dont la grille de lecture est illustrée dans la Fiche 1 (Annexes, p.27).

### **III.2.2 Etat de dégradation écologique des zones anthropisées (Fiche 2).**

Les activités minières et industrielles génèrent de nombreux impact sur l'environnement :

- déboisement de vastes zones pour les besoins d'extraction, de roulage et de traitement du minerai, mais également pour construire les plateformes servant à stocker la grande quantité de matériel utilisé,
- assèchement de certaines zones humides, ou à l'inverse création de dolines,
- risques de pollutions multiples : fumées toxiques, déversements d'hydrocarbures ou autres polluants,
- déplacement d'espèces exogènes (animales et végétales) potentiellement envahissantes,
- circulation de grandes quantités de poussières allant se déposer sur la végétation environnante, *etc...*

Toutefois, depuis 2009, le code minier de la Nouvelle-Calédonie, relayé par les codes de l'environnement provinciaux, exige de la part des industriels qu'ils mettent en œuvre les mesures visant à limiter ces impacts pendant toute la durée de l'exploitation du site. Il leur demande également les efforts nécessaires pour mettre en place les programmes de réhabilitation des zones dégradées devant permettre le retour à une situation environnementale satisfaisante après la fermeture du site et le départ de l'industriel (L'Huiller *et al.* 2010).

Dans ce contexte, l'analyse de la composition spécifique et fonctionnelle des communautés de fourmis peut constituer un outil intéressant dans le cadre du diagnostic écologique des sites fortement dégradés, telles les zones de stockage où les suivis myrmécologiques ont été mis en place, en vue de leur éventuelle réhabilitation.

#### **III.2.2.a Paramètre d' « habitabilité » d'un site anthropisé**

Les zones de stockages sont caractérisées par l'importance des surfaces entièrement décapées ou fortement endommagées par l'activité industrielle. Le morcellement ainsi que la piètre qualité du couvert végétal resté en place (ou en cours de réhabilitation, ex : essais de revégétalisation sur la zone STEP, terrasses à géotextile sur la zone PORT) constituent des contraintes sévères pour le maintien d'une communauté de fourmis stable et variée, car les ressources alimentaires et les sites de nidification y sont plus rares et de mauvaise qualité. A l'inverse des milieux forestiers plus complexes, l'homogénéité et la rudesse écologiques de ces milieux très dégradés ne fournissent qu'un nombre très restreint de niches écologiques, utilisables essentiellement par des espèces pionnières.

Lors d'un inventaire myrmécologique, la proportion d'appâts restés inoccupés va ainsi refléter la qualité du couvert végétal qui sera disponible pour créer les opportunités d'établissement et de développement des colonies de fourmis, en d'autres termes « l'habitabilité du milieu ».

Ainsi, un nombre d'appâts inoccupés inférieur à 20% reflète une couverture végétale suffisamment importante et hétérogène pour fournir les ressources suffisantes au développement de la myrmécofaune (locale et/ou exogène). Il n'y a pas de mesures de gestion à mettre en place, si ce n'est éventuellement favoriser la refermeture du milieu par des pratiques de reboisement ou de luttés contre les espèces végétales envahissantes.

Plus cette proportion augmente, plus elle est révélatrice d'un milieu qui se dégrade. Au-delà de 50% d'appâts inoccupés, le milieu est devenu hostile, la myrmécofaune restant alors confinée dans les quelques patchs de végétation encore présents. A l'extrême, seules quelques espèces pionnières vont pouvoir se maintenir dans ces milieux très contraignants. Les actions de réhabilitation écologique qui seront éventuellement mises en place doivent alors s'efforcer de recréer en premier lieu les conditions édaphiques (sol, litière) offrant les ressources nécessaires (sites de nidification, proies) qui permettront le retour de la myrmécofaune.

### **III.2.2.b Composition de la communauté de fourmis**

Outre l'habitabilité du milieu qui va conditionner le fait qu'une myrmécofaune puisse s'y développer, l'analyse de la composition spécifique et fonctionnelle de cette communauté est une source d'information très intéressante permettant d'évaluer l'état écologique du site.

Le rapport de dominance entre espèces locales et introduites permet de caractériser la communauté myrmécologique des différents sites. Bien que les nombreux relevés effectués depuis 2008 aient permis de détecter jusqu'à 33 espèces, seul un petit nombre d'entre elles sont récoltées de façon régulière, ce qui permet de les inclure dans l'analyse. Ainsi, parmi les espèces locales, *Polyrhachys guerini* est de loin l'espèce locale la plus souvent rencontrée sur ces sites (figure 1), et presque exclusivement dans les bordures végétalisées des zones de stockage (Carte 3). Elle est souvent accompagnée par des espèces appartenant à deux autres genres : *Iridomyrmex calvus*, *Leptomymex pallens* et *L. nigriceps*. Parmi celles-ci, les espèces endémiques du genre *Leptomymex* sont caractéristiques des milieux naturels non-envahis de types paraforestiers à forestiers. De son côté, l'espèce *I. calvus*, supportant des conditions de chaleur et de sécheresse très sévères, est une fourmi typique des milieux ouverts (type maquis bas sur cuirasse) également non-envahis. Toutefois, dans les zones anthropisées, ce type d'habitat est très souvent dominé par des espèces exogènes

pionnières, telles *B. obscurior* ou *S. geminata*. Pour cette raison, *I. calvus* se révèle peu performante pour la caractérisation écologique de ces zones anthropisées.

Ainsi, la proportion d'appâts occupés par les espèces *Polyrhachys guerini* et/ou *Leptomyrmex spp* peut se substituer à la liste exhaustive des espèces locales, sans perte majeure d'information, ce qui permet de simplifier la tâche des gestionnaires en charge du site. Cet indicateur, qui peut avantageusement reposer sur la présence de ces deux seules espèces, à l'exclusion de toutes les autres espèces locales qui ne sont récoltées qu'occasionnellement ou qui ne sont pas suffisamment caractéristiques des milieux échantillonnés, permet d'évaluer l'état de la myrmécofaune d'un site très anthropisé.

Dès lors, si le nombre d'appâts occupés par l'une et/ou l'autre de ces espèces est supérieur à 50%, cela indique que la myrmécofaune établie dans la zone est encore dominée par les espèces locales. Les espèces exogènes présentes n'utilisent que les bordures des patches végétalisés ou les milieux plus ouverts. Les espèces envahissantes, par ailleurs ultra-dominantes lorsqu'elles s'installent sur un site, sont alors soit absentes soit, éventuellement, encore confinées autour de leur point d'introduction (cf. § III.2.2).

Une proportion en espèces locales qui diminue est le plus souvent le reflet d'un milieu qui s'ouvre inexorablement, les espèces exogènes étant plus adaptées aux conditions difficiles des milieux dégradés. En l'absence d'espèces envahissantes, les mesures de restauration écologique devront alors s'efforcer d'accompagner la refermeture du milieu, plus propice aux espèces locales.

Les deux paramètres décrits ci-dessus (*i.e.* « habitabilité » et « composition de la myrmécofaune ») peuvent se combiner pour produire un indicateur général relatif à l'état de dégradation des zones très anthropisées de type industrielle et minière (Fiche 2, p.32), telles les zones de stockage présentées dans cette étude. Il peut fournir un outil pratique pour le suivi des processus de restauration écologique des sites fortement dégradés, permettant d'adapter les mesures de gestion afin de permettre le retour d'une myrmécofaune locale dynamique.

## Chapitre V - Conclusion

L'analyse des suivis myrmécologiques a permis l'élaboration de deux indicateurs simples et complémentaires, aisément interprétables et faciles à mettre en place sur le terrain dans le cadre de la lutte contre les espèces envahissantes et de la gestion de zones dégradées. De plus, ces indicateurs paraissent suffisamment abordables pour qu'un gestionnaire puisse réaliser et analyser ces suivis sans avoir recours à une expertise approfondie en myrmécologie, laquelle serait trop complexe à acquérir.

## Bibliographie

- Abensperg-Traun M., Arnold G.W., Steven D.E., Smith G.T., Atkins L., Viveen J.J., and Gutter M. 1996.** Biodiversity indicators in semiarid, agricultural Western Australia. *Pacific Conservation Biology* 2: 375-389
- Alonso L.E. 2000.** Ants as indicators of diversity. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*, Smithsonian Institution Press, Washington, DC , pp. 80-8.
- Andersen A.N. 1997.** Using ants as bioindicators: multiscale issues in ant community ecology [online]. *Conservation Ecology* 1, 8.  
Available from URL: <http://http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8>
- Andersen A.N. 2010.** Functional groups in ant community ecology, in Lach L, Parr C.L and Abbott K, editors. *Ant ecology*. Oxford University Press, pp 142-144.
- Andersen A.N., Morrison S., Belbin L., Ashwath N., and Brennan K. 1998.** The role of ants in minesite restoration in the Kakadu region of Australia's Northern Territory, with particular reference to their use as bioindicators. *Supervising Scientific Report 130, Supervising Scientist*, Canberra.
- Andersen A.N., Ludwig J.A., Lowe L.M., & Rentz D.C.F. 2001** Grasshopper biodiversity and bioindicators in Australian tropical savannas: responses to disturbance in Kakadu National Park. *Austral Ecology* 26: 213-222.
- Andersen A.N., Hoffmann B.D., Müller W.J., and Griffiths A.D. 2002.** Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. *Journal of Applied Ecology* 39: 8-17.
- Andersen A.N & Majer J.D. 2004.** Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. *Frontiers in ecology and the environment* 2: 291-298.
- Andersen A.N., Fisher A., Hoffmann B.D., Read J.L., and Richards R. 2004.** Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. *Austral Ecology* 29: 87-92.
- Berman M. 2013.** Impacts of anthropogenic fires and invasive ants on native ant diversity in New Caledonia: from genes to communities. PhD Thesis, Université Montpellier 2 & Charles Darwin University, 232pp.
- Bestelmeyer B.T., Agosti D., Alonso L.E., Roberto F., Brandao C., Brown Jr., Delabie J.H.C., and Sivestre R. 2000.** Field techniques for the study of ground-dwelling ants. In: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*, Smithsonian Institution Press, Washington, DC , pp. 122-144.
- Bisevac L. & Majer J.D. 1999.** Comparative study of ant communities of rehabilitated mineral sand mines and heatland, Western Australia. *Restoration Ecology* 7: 117-126.

- Bond W.J. 1993.** Keystones species. In: Schulze ED, Mooney HA (eds) *Biodiversity and ecosystem function*. Springer, Berlin heidelberg, 237-253.
- Churchill T.B. 1997.** Spiders as ecological indicators: an overview for Australia. *Memoried of the Museum of Victoria* 56: 331-337.
- Diney R.H.L. 1986.** Assessments using invertebrates: posing the problem. In: *Wildlife conservation evaluation* (ed M.B. Usher). Chapman and Hall, London , England, pp 271-293.
- Eyre M.D. & Luff M.L. 2002.** The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in conservation assessments of exposed riverine sediment habitats in Scotland and northern England. *Journal of Insect Conservation* 6: 25-38.
- Floren A., Biun A., and Lisenmair K.E. 2002.** Arboreal ants as key predators in tropical lowland rainforest trees. *Oecologia* 131:137-144.
- Folgarait P. J. 1998.** Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7: 1221-1244.
- Fox B.J. & Fox M.D. 1982.** Evidence for interspecific competition influencing ant species diversity in a regenerating heathland. In (R.C. Buckley, ed.): *Ant-plant interactions in Australia*, Dr W. Junk Press, The Hague, The Netherlands, pp. 99-110.
- Gerlach J., Samways M., and Pryke J. 2013.** Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. *Journal of Insect Conservation* 17: 831-850.
- Hölldobler B. & Wilson E.O. 1990.** *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Holway D.A., Lach L., Suarez A.V., Tsutsui N.D., and Case T.J. 2002.** The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33: 181-233.
- Human K.G. & Gordon D.M. 1999.** Behavioral interactions of the invasive Argentine ant with native ant species. *Insectes Sociaux* 46: 159-163.
- Jolivet P. 1996.** *Ants and plants. An example of coevolution*. (Enlarged edition). Backhuys Publishers, Leiden.
- Jones C.G., Lawnton J.H., and Schachak M. 1994.** Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373 – 386.
- Kaspari M. & Majer J.D. 2000.** Using ants to monitor environmental change. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*, Smithsonian Institution Press, Washington, DC , pp. 89-98.
- Kitching R.L., Orr A.G., Thalib L., Mitchell H., Hopkins M.S. & Graham A.W. 2000.** Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *Journal of Applied Ecology* 37: 284-97.
- Kremen C. et al. 1993.** Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7: 796-805.

- Landsberg J., Morton S., and James C.** A comparison of the diversity and indicator potential of arthropods, vertebrates and plants in arid rangelands across Australia. In: *The Other 99%. The Conservation and Biodiversity of Invertebrates* (eds W. Ponder & D. Lunney) pp 111-20. Transactions of the Royal Society of New South Wales, Mosman.
- Le Breton J. & Bourget R. 2012.** Les fourmis envahissantes dans le Parc Provincial de la Rivière Bleue. *Rapport d'étude, Fiche Action MT-C5 Province Sud*, 49pp.
- Lockwood J.L., Hoopes M.F. & Marchetti M.P. 2007.** *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing.
- Longino J.T. & Colwell R.K. 1997.** Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. *Ecological Applications* 7: 1263-1277.
- Lowe S., Browne M. and Boudjelas S. 2000.** 100 of the world's worst invasive alien species. *Aliens* 12: S1-S12.
- McGeoch M.A. 1998.** The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Review* 73: 181-201.
- McGeoch M.A. et al. 2011.** Conservation and monitoring of invertebrates in terrestrial protected areas. *Koedoe* 53 (2), 13 pp.
- McMahon J.A., Mull J.F., and Crist T.O. 2000.** Harvester ants: their community and ecosystem influences. *Annual Review of Ecological Systematics* 31: 265-291.
- McQuillan P.B. 1999.** The effect of changes in Tasmanian grasslands on the geometrid moth tribe Xanthorhoini (Geometridae: Larentiinae). In: *The Other 99%. The Conservation and Biodiversity of Invertebrates* (eds W. Ponder & D. Lunney) pp 121-8. Transactions of the Royal Society of New South Wales, Mosman.
- Mack R.N., Simberloff D., Lonsdale W.M., Evans H., Clout M., and Bazzaz F.A. 2000.** Biotic invasions: cause, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* 10: 689-710.
- Majer, J.D. 1983.** Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental Management* 7: 375-83.
- Majer, J.D. 1985.** Recolonization by ants of rehabilitated mineral sand mines on North Stradbroke Island, Queensland, with particular reference to seed removal. *Australian Journal of Ecology* 10: 31-48.
- Majer J.D. 1989,** (editor). *Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Majer J.D. 1992.** Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Poços de Caldas, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 8: 97-108.
- Majer J.D. & de Kock A.E. 1992.** Ant recolonization of sand mines near Richards Bay, South Africa: an evaluation of progress with rehabilitation. *South African Journal of Science* 88: 31-36.

- Majer J.D., Day J.E, Kabay E.D., and Perriman W.S. 1984.** Recolonization by ants in bauxite mines rehabilitated by a number of different methods. *Journal of Applied Ecology* 21: 355-375.
- Mueller U.G., Schultz T.R, Currie C., Adams R., and Malloch D. 2001.** The origin of the attine ant-fungus symbiosis. *Quarterly Review of Biology* 76: 169-197.
- Niemelä J., Kotze J., Ashworth A. et al. 2000.** The search for common anthropogenic impacts on biodiversity: a global network. *Journal of Insect Conservation* 4: 3-9.
- Oliver I. & Beattie A.J. 1996.** Designing a cost-effective invertebrate survey: a test of some methods for the rapid assessment of invertebrate biodiversity. *Ecological Applications* 6: 594-607.
- Parmesan C. et al. 1999.** Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583.
- Ravary F. 2013.** Délimitation des populations de la fourmi envahissante *Wasmannia auropunctata* présentes en forêt rivulaire, sur le site minier de VALE-NC. Rapport d'expertise réalisé pour Vale-NC par le cabinet Biodical.
- Ravary F. 2015.** Délimitation des populations de la fourmi envahissante *Wasmannia auropunctata* présentes sur deux zones de stockage du site industriel de VALE-NC. Rapport d'expertise réalisé pour Vale-NC par le cabinet Biodical.
- Rickelfs R.E. 2005.** Taxon cycles. Insights from invasive species. In: Sax, D.F., Stachowicz, J.J. & Gaines S.D., (eds.). *Species invasions: insights into ecology, evolution, and biogeography*. Sinauer Associates, Inc. Publishers, 165-169.
- Rosenberg D.M., Danks H.V., and Lehmkuhl D.M. 1986.** Importance of insects in environmental impact assessment. *Environmental Management* 10: 773-783.
- Schultz T.R. & McGlynn T.P. 2000.** The Interaction of Ants with Other Organisms. In: Agosti D., Majer J., Alonso E. & Schultz T., (eds.). *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. *Biological Diversity Handbook Series*.
- Tobin J.E. 1994.** Ants as Primary Consumers: Diet and Abundance in the Formicidae. In: Hunt J.H. & Nalepa C.A. (eds) *Nourishment and Evolution in Insect Societies*. Westview Press, Oxford, pp 279-307.
- Underwood E.C. & Fisher B.L. 2006.** The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. *Biological Conservation*, 132: 166-182.
- Vermeij G.J. 2005.** Invasion as expectation. A historical fact of life. In: Sax, D.F., Stachowicz, J.J. & Gaines S.D., (eds.). *Species invasions: insights into ecology, evolution, and biogeography*. Sinauer Associates, Inc. Publishers, 165-169.
- Wilson E.O. 1987.** Causes of ecological success: the case of the ants. *Journal of Animal Ecology* 56: 1-9.
- York A. 2000.** Long-term effects of frequent low-intensity burning on ant communities in coastal blackbutt forests of southeastern Australia. *Austral Ecology*, 25: 83-98.

## Annexes

# FICHE 1

## FOURMIS EXOGENES ENVAHISSANTES : DETECTION DE NOUVELLES ESPÈCES ET SURVEILLANCE DES ESPECES DEJA PRESENTES

### ➤ Objectif de l'indicateur

Cet indicateur permet de signaler toute intrusion d'espèces envahissantes nouvelles pour le territoire néo-calédonien.

Il permet également de surveiller les populations anciennes de fourmis envahissantes déjà présentes sur le site et de signaler l'introduction de nouvelles populations de ces espèces sur des sites auparavant indemnes.

### ➤ Variable suivie

Les inventaires myrmécologiques réalisés dans le cadre des campagnes de biosécurité peuvent permettre de détecter précocement l'introduction d'espèces potentiellement envahissantes n'ayant pas encore été répertoriées en Nouvelle-Calédonie (Tableau 1). De plus, les données récoltées peuvent permettre le suivi des populations des fourmis envahissantes déjà connues en NC : *A. gracilipes*, *W. auropunctata* et *P. megacephala*.

### ➤ Type de zone concernée

Toutes les zones recevant et/ou stockant les marchandises provenant directement de l'étranger (sources potentielles de contamination), sont concernées par ces suivis. Sur le site de Vale NC, cinq zones à risque pour l'introduction de nouvelles espèces envahissantes ont été identifiées et font, depuis 2008 pour les premières, l'objet de suivis semestriels : PORT, MAGASIN, VRAC, STEP, MINE-FPP. Certaines de ces zones de suivi comportent déjà des populations d'*A. gracilipes* et de *W. auropunctata*. Ces suivis peuvent s'étendre à d'autres sites industriels employant les mêmes méthodes de suivi, ainsi qu'à toutes les zones où des espèces envahissantes ont pu être détectées lors d'inventaires initiaux.

### ➤ Échelle spatiale et temporelle de mise en œuvre

Le présent indicateur est mis en œuvre à l'échelle de chacun des 5 sites identifiés chez Vale NC. Il doit être mis à jour à chaque nouvelle campagne de terrain<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> A noter que la fréquence idéale de mise à jour est de 4 mois. C'est le temps théorique nécessaire à une colonie nouvellement introduite pour réaliser un cycle reproducteur complet avec dissémination des individus lors d'un vol nuptial.

## ➤ Méthodologie de mise en œuvre

### Echantillonnage

#### 1. Nouvelles espèces envahissantes

Dans l'hypothèse où une propagule viable<sup>4</sup> parviendrait à s'introduire sur le territoire, il existe un risque qu'elle trouve, dans la périphérie immédiate de son lieu d'introduction, une zone favorable offrant les ressources suffisantes (sites de nidification, ressources alimentaires) pour le développement d'une colonie. Cette colonie pourra alors, si les conditions le permettent, s'agrandir et se multiplier. C'est pourquoi, lors des campagnes semestrielles de biosécurité, un très grand nombre d'appâts doivent être disposés dans et autour de toutes les zones à risque, selon un maillage relativement serré (10-15m). Une attention particulière est portée aux containers ainsi qu'à tous les patchs de végétation se trouvant dans ces zones de suivis.

#### 2. Espèces envahissantes déjà présentes

Les populations de ces espèces unicoloniales se reproduisent par bouturage, de proche en proche. La vitesse de progression des populations de fourmis électriques en milieu de maquis minier ainsi été estimée à 50m par an (Le Breton & Bourget 2012). Il est donc possible, par la méthode des appâts, de suivre la progression des fronts d'invasion (limites des populations) dans le temps. Lors des campagnes semestrielles de biosécurité, un très grand nombre d'appâts doivent être disposés dans et autour de toutes les zones de suivis, selon un maillage relativement serré (10-15m). Lors de ces inventaires, de nouvelles populations de ces fourmis envahissantes peuvent être éventuellement découvertes.

Les espèces de fourmis ciblées par ces campagnes de biosécurité sont peu actives par temps de pluie ou lorsque les températures sont trop basses. La mise en place des suivis doit donc prendre en compte ces paramètres météorologiques, afin d'optimiser l'effort d'échantillonnage.

### Opérations de terrain

Les appâts attractifs sont disposés sur le sol ou dans la végétation, puis relevés une heure plus tard. Les espèces recrutées sur ces appâts sont alors identifiées directement par les opérateurs, ou prélevées dans des tubes contenant de l'éthanol afin d'effectuer une identification ultérieure en laboratoire, grâce à une clé de détermination taxonomique.

1. Si, lors de cette identification, une espèce envahissante nouvelle pour le territoire néo-calédonien est découverte sur le moindre appât, l'alerte est lancée.

Dès lors, le gestionnaire est invité à mettre en place une suite de mesures visant à contenir puis éliminer le foyer d'invasion. Les premières de ces mesures concernent la délimitation du périmètre contaminé (en utilisant par exemple la méthode des appâts, mais selon un maillage plus resserré : 2m) puis la mise en quarantaine de la zone : aucun matériel ne doit être sorti de cette zone sans avoir été préalablement décontaminé, afin d'éviter la dissémination fortuite de

---

<sup>4</sup> Propagule viable : fragment de colonie comportant au moins une reine reproductrice et quelques ouvrières capables d'assurer l'approvisionnement.

l'espèce envahissante. La zone infestée peut alors être traitée. A ce jour, seuls des traitements à base d'appâts empoisonnés permettent d'éliminer les colonies entières (reines comprises). Ce n'est qu'une fois l'éradication déclarée, c'est-à-dire après une période de surveillance suffisamment longue, que l'alerte pourra être levée.

2. Si, lors de cette identification, des appâts révèlent la présence d'espèces envahissantes déjà connues sur le territoire, plusieurs cas de figure peuvent alors se présenter au gestionnaire :

*a. il s'agit d'une population déjà référencée lors des suivis antérieurs :*

Aucune mesure de gestion particulière n'est suggérée, si ce n'est de conserver le statut de zone de quarantaine à cette zone envahie. Toutefois, si le front d'invasion se rapproche d'une zone sensible d'intérêt écologique ou d'une « zone de vie »<sup>5</sup>, d'autres mesures de gestion devraient être mises en place pour contenir, voire éradiquer ces populations.

*b. il s'agit d'une population nouvelle, récemment introduite sur le site :*

Le gestionnaire est alors invité à prendre les mêmes mesures que pour le cas d'introduction d'une nouvelle espèce envahissante : délimitation du périmètre infesté, mise en quarantaine de la zone, protocole de traitement en vue d'éradication.

### ➤ **Limites de l'indicateur**

Cet indicateur est uniquement basé sur le critère binaire de « présence/absence » des espèces cibles. Il ne donne aucune indication quant à l'abondance de l'espèce éventuellement détectée sur les appâts. Il ne permet pas d'évaluer la dynamique globale d'une population établie. Toutefois, il permet d'observer sa progression à l'échelle d'un front d'invasion (nombre d'appâts occupés).

---

<sup>5</sup> Ce terme désigne les zones où le personnel pourrait subir les désagréments liés à la présence de ces fourmis envahissantes, en particulier la FE dont la piqûre est très douloureuse. En pratique, cela concerne les Bases-Vie, les zones de bureaux, de restauration ou de détente.

➤ **Grille de lecture**

	<b>Etat du paramètre</b>	<b>Actions de gestion correspondantes suggérées</b>
	Aucune espèce envahissante détectée sur le site	<b>R.A.S.</b>
	Présence de populations anciennes de fourmis envahissantes	Délimitation de la zone envahie, mise en quarantaine. Si proximité immédiate de zone sensible : <b>protocole d'éradication à envisager</b>
	Détection d'une nouvelle population de fourmi envahissante dont l'espèce est par ailleurs déjà connue sur le site ou en NC	Délimitation du périmètre infesté qui devient alors une zone de quarantaine. Mise en place d'un protocole d'éradication.
	Détection d'une espèce envahissante nouvelle pour le territoire	<b>ALERTE</b> : Délimitation immédiate du périmètre infesté, qui devient alors une zone de quarantaine. Mise en place rapide d'un protocole d'éradication.

Grille de lecture correspondant à l'indicateur « fourmis envahissantes ».

➤ **Synthèse des résultats**

Depuis le début de la mise en place de ces suivis et jusqu'à ce jour, **aucune nouvelle espèce de fourmi exogène envahissante n'a été détectée sur le site industriel de Vale NC**. La fourmi de feu *Solenopsis invicta* et la fourmi d'Argentine *Linepithema humile* sont donc à priori toujours absentes du territoire.

**En mars 2009, une petite population de la fourmi noire à grosse tête (FNGT) a été détectée sur la zone du MAGASIN**. Un traitement chimique a alors été rapidement effectué conduisant à son éradication complète. Aucune fourmi de cette espèce n'a depuis été observée sur le site industriel.

**Depuis 2008, plusieurs populations de fourmis folles jaunes (FFJ) et de fourmis électriques (FE) sont observées à chaque campagne** : sur la zone PORT (les deux espèces), sur la zone VRAC (fourmi électrique) et sur la zone STEP (les deux espèces). Pour ces trois zones, les populations de fourmis électriques ont fait l'objet d'études plus approfondies visant à délimiter précisément leurs périmètres respectifs (Ravary 2013, 2015).

		PORT	VRAC	MAGASIN	STEP	MINE-FPP
<b>2008</b>		FE, FFJ	-	-	-	-
<b>2009</b>	mars	FE, FFJ	FE	FNGT	-	-
	octobre	FE, FFJ	FE		-	-
<b>2010</b>	mars	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	-
	octobre	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	-
<b>2011</b>	mars	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	-
	octobre	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	-
<b>2012</b>	avril	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	-
	octobre	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	-
<b>2013</b>	avril	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	
	octobre	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	
<b>2014</b>	avril	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	
	octobre	FE, FFJ	FE		FE, FFJ	
<b>Nombre de campagnes réalisées</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>4</b>

**Synthèse des résultats concernant la détection d'espèces de fourmis exogènes envahissantes.**  
 FFJ : Fourmi folle jaune, FE : Fourmi électrique, FNGT : Fourmi noire à grosse tête.  
 ■ : RAS, ■ : population ancienne, ■ : nouvelle population, ■ : alerte : nouvelle espèce envahissante.

## FICHE 2

### ETAT DE DEGRADATION ECOLOGIQUE DES ZONES ANTHROPISEES

➤ **Objectif de l'indicateur**

Cet indicateur permet de caractériser de manière générale la dégradation écologique d'un site liée à son anthropisation. Il peut s'avérer utile dans le cadre de la réhabilitation écologique de ces zones dégradées.

➤ **Variable suivie**

L'analyse de la structure du milieu (son « habitabilité ») et de la composition spécifique et fonctionnelle des communautés de fourmis permet de diagnostiquer l'état de dégradation écologique des zones de suivis.

➤ **Type de zone concernée**

Toutes les zones faisant l'objet de campagnes biosécuritaires (cf. Fiche 1). Ces suivis pourraient également être mis en place dans toutes les autres zones dégradées devant faire l'objet d'un processus de réhabilitation écologique.

➤ **Échelle spatiale et temporelle de mise en œuvre**

Le présent indicateur est mis en œuvre à l'échelle de chacun des 5 sites identifiés chez Vale NC. Il doit être mis à jour à chaque nouvelle campagne de terrain.

➤ **Méthodologie de mise en œuvre**

#### **Echantillonnage**

Les appâts doivent être disposés dans et autour de toutes les zones suivies, selon un maillage relativement serré (10-15m).

Les espèces de fourmis locales ainsi que les espèces exogènes/envahissantes installées en Nouvelle-Calédonie sont peu actives par temps de pluie ou lorsque les températures sont trop basses. La mise en place des suivis doit donc prendre en compte ces paramètres météorologiques, afin d'optimiser l'effort d'échantillonnage.

#### **Opérations de terrain**

Les appâts attractifs sont disposés sur le sol ou dans la végétation, puis relevés une heure plus tard. Les espèces recrutées sur ces appâts sont alors identifiées directement par les opérateurs, ou prélevées dans des tubes contenant de l'éthanol afin d'effectuer une identification ultérieure en laboratoire grâce à une clé de détermination taxonomique.

➤ **« Habitabilité » de la zone étudiée**

La proportion d'appâts restés inoccupés une heure après la pose est révélatrice de la qualité écologique du milieu étudié, en particulier de son couvert végétal. Plus ce nombre est important, plus le milieu se montre hostile aux fourmis : faiblesse des ressources (alimentation, sites de nidification), rudesse des conditions abiotiques.

➤ **Composition de la myrmécofaune**

La proportion d'appâts occupés par les espèces *Polyrhachys guerini* et/ou *Leptomyrmex spp* peut se substituer à la liste exhaustive des espèces locales, sans perte majeure d'information. Dès lors, le nombre d'appâts occupés par l'une et/ou l'autre de ces espèces est un indicateur intéressant de la composition de la myrmécofaune établie dans la zone. Ainsi, une proportion en espèces locales qui diminue est le plus souvent le reflet d'un milieu qui s'ouvre inexorablement, les espèces exogènes étant plus adaptées aux conditions difficiles des milieux dégradés. En l'absence d'espèces envahissantes, les mesures de restauration écologique devront alors s'efforcer d'accompagner la refermeture du milieu, plus propice aux espèces locales.



*Polyrhachis guerini*



*Leptomyrmex pallens*

➤ **Limites de l'indicateur**

Cet indicateur combiné permet d'évaluer l'état écologique des zones anthropisées à partir de l'état de leur myrmécofaune. Pour les zones naturelles plus complexes, il ne peut se substituer, en l'état, à une analyse floristique et faunistique plus approfondie.

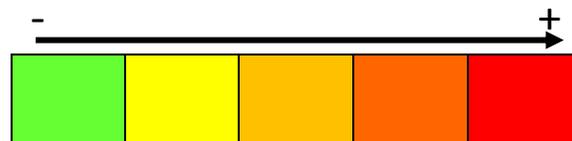
➤ **Grille de lecture**

Les deux paramètres décrits ci-dessus peuvent se combiner pour produire un indicateur général relatif à l'état de dégradation des zones très anthropisées de type industrielle et minière, telles les zones de stockage présentées dans cette étude. Il peut fournir un outil pratique pour le suivi des processus de restauration écologique des sites fortement dégradés, permettant d'adapter les mesures de gestion afin de permettre le retour d'une myrmécofaune locale dynamique.

		HABILITABILITE :		
		% d'appâts inoccupés		
		< 20%	[20 - 50%]	> 50%
ETAT DE LA MYRMECOFAUNE :	> 50%	a	b	c
	[20 - 50%]	d	e	f
	< 20%	g	h	i

Grille de lecture correspondant à l'indicateur myrmécologique croisé, relatif à l'état de dégradation des zones anthropisées.

**Etat de dégradation des conditions écologiques**



Description des paramètres et suggestions de mesures de gestion correspondantes :

<b>a</b>	Les conditions écologiques (notamment le couvert végétal) sont satisfaisantes, la myrmécofaune est dominée par les espèces locales	RAS.
<b>b</b>	Le milieu est peu propice, toutefois la myrmécofaune présente est toujours dominée par les espèces locales	Veiller à conserver et développer les milieux arbustifs
<b>c</b>	Le milieu est hostile aux fourmis, la myrmécofaune relictuelle comporte encore une majorité d'espèces locales	Mesures de revégétalisation à mettre en place
<b>d</b>	Le couvert végétal est satisfaisant, mais les espèces locales sont fortement concurrencées par des espèces exogènes	Favoriser la fermeture du milieu davantage propice aux espèces locales
<b>e</b>	Le milieu est peu propice aux espèces locales, les espèces exogènes dominent	Favoriser la fermeture du milieu davantage propice aux espèces locales
<b>f</b>	Le milieu est hostile, seules quelques espèces arrivent à se maintenir dans des petits patches de végétations	Mesures de revégétalisation et éventuellement lutte contre les espèces envahissantes
<b>g</b>	Le couvert végétal est satisfaisant, mais le milieu est envahi par des espèces exogènes	Gestion des espèces envahissantes
<b>h</b>	Le milieu est peu propice aux fourmis, et est envahi par des espèces exogènes	Gestion des espèces envahissantes éventuelles, accompagner la fermeture du milieu
<b>i</b>	Le milieu est hostile aux fourmis, seules quelques espèces exogènes pionnières arrivent à se maintenir	Mesures de revégétalisation à mettre en place

➤ **Synthèse des résultats**

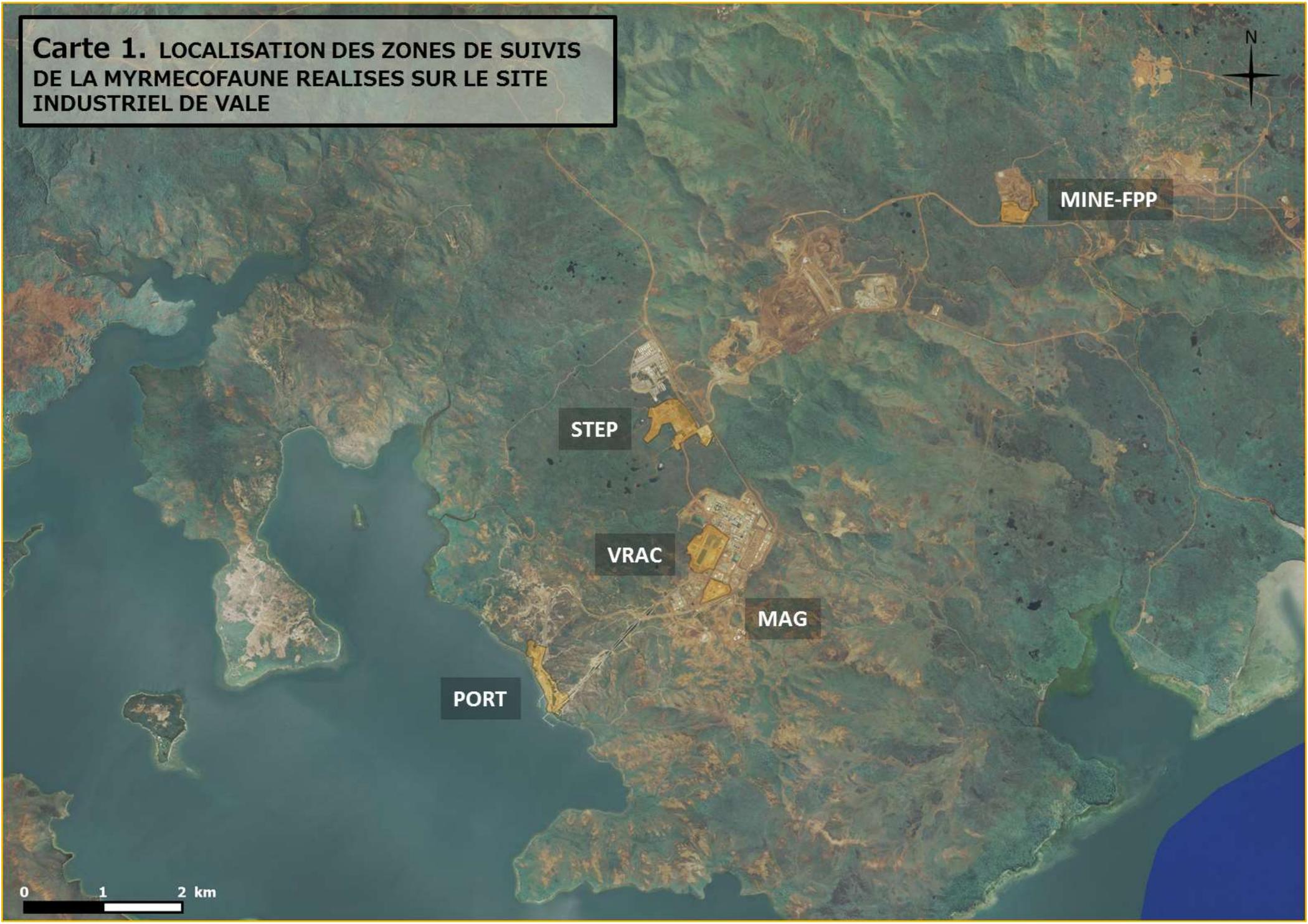
Les inventaires myrmécologiques réalisés depuis 2008 révèlent un état de dégradation écologique très avancé pour toutes ces zones de suivis (**e – i**), ce qui s'explique par la présence de grandes surfaces totalement décapées au sein de chacune d'entre elles. Par ailleurs, les relevés montrent peu d'évolution sur la période. Seule la zone Mine-FPP semble se dégrader fortement entre les campagnes d'avril et d'octobre 2013 (**d à i**). Mais ce résultat est essentiellement dû à la modification des contours de cette zone de suivi, puisqu'un patch paraforestier a été retiré des inventaires après la première campagne d'avril 2013.

Il convient de suivre l'évolution de cet indicateur sur chacune des zones concernées, afin de surveiller que la dégradation ne s'accroisse pas davantage. Surtout, cet indicateur pourra se montrer particulièrement utile lorsqu'il s'agira d'évaluer les mesures de réhabilitation écologique qui seront mises en place sur toutes ces zones.

		PORT	VRAC	MAGASIN	STEP	MINE-FPP
<b>2008</b>		i*	-	-	-	-
<b>2009</b>	mars	i	f	i	-	-
	octobre	i	i	i	-	-
<b>2010</b>	mars	e	i	i	e	-
	octobre	i	i	i	f	-
<b>2011</b>	mars	e	i	i	e	-
	octobre	h	i	i	i	-
<b>2012</b>	avril	i	h	i	e	-
	octobre	h	i	i	i	-
<b>2013</b>	avril	h	i	i	h	d
	octobre	h	i	i	h	i
<b>2014</b>	avril	h	i	i	h	i
	octobre	h	i	i	e	i
<b>Nombre de campagnes réalisées</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>4</b>

**Synthèse des résultats concernant l'état de dégradation écologique des zones de suivis myrmécologiques (cf. description des paramètres ci-dessus). \* le protocole d'échantillonnage différent en 2008 ne permet pas de comparaison avec les campagnes suivantes.**

**Carte 1. LOCALISATION DES ZONES DE SUIVIS  
DE LA MYRMECOFAUNE REALISEES SUR LE SITE  
INDUSTRIEL DE VALE**



**Carte 2. Exemple d'une campagne d'échantillonnage réalisée sur la zone de stockage STEP**

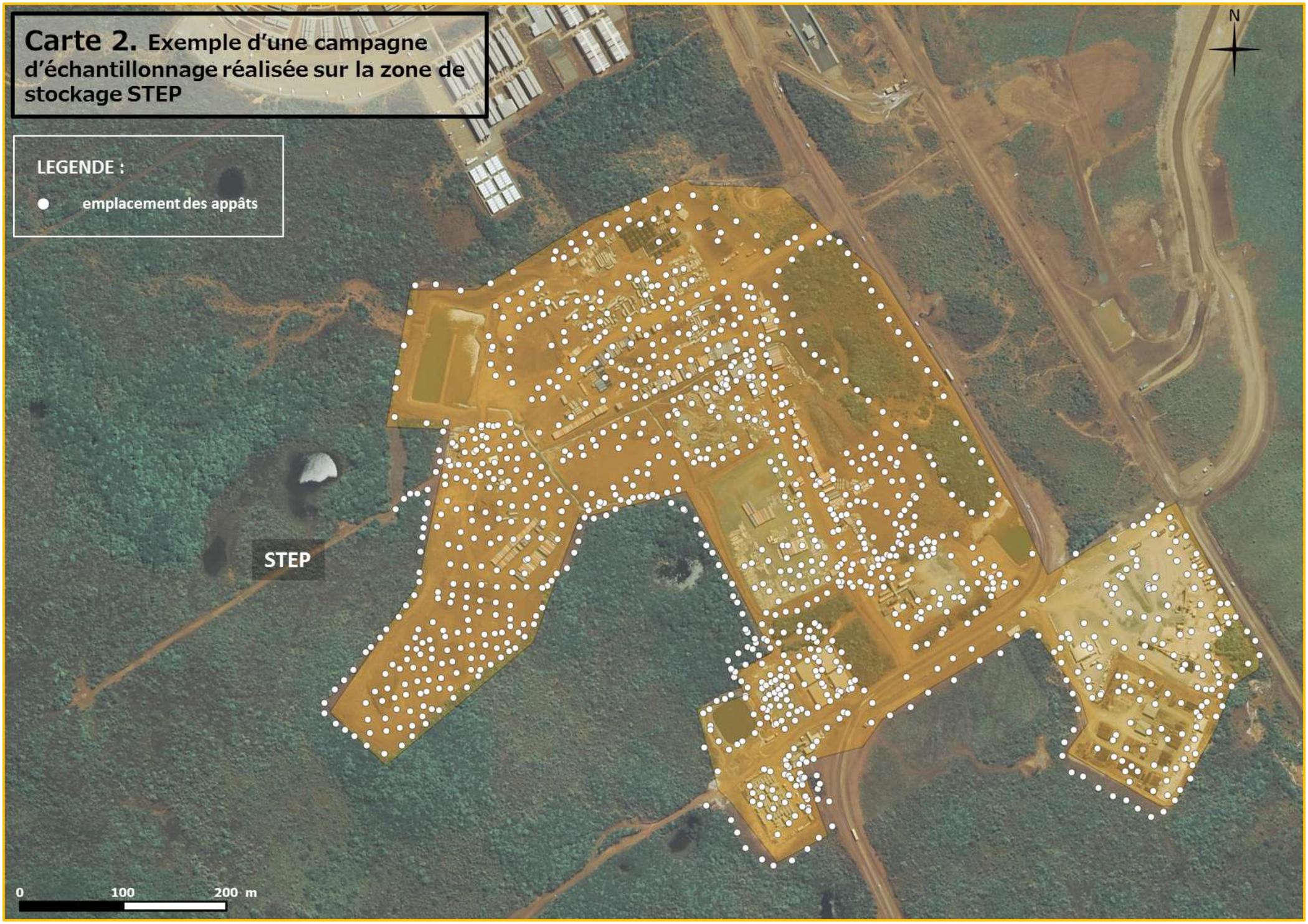
LEGENDE :

● emplacement des appâts

STEP



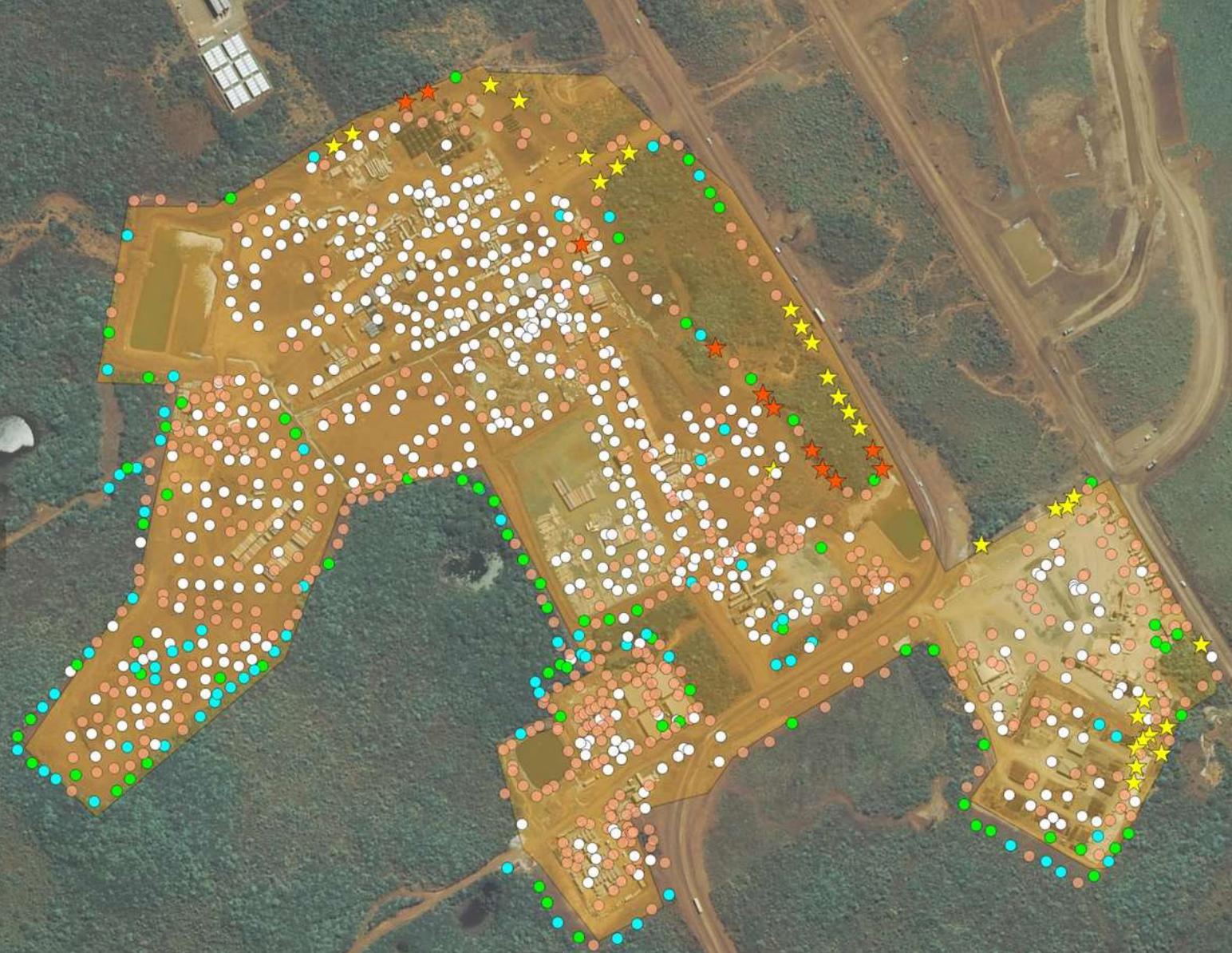
0 100 200 m



**Carte 3.** Exemple d'une campagne d'échantillonnage réalisée sur la zone de stockage STEP, illustrant la répartition des différents groupes d'espèces

LEGENDE :

-  espèces locales
-  espèces locales + introduites
-  espèces introduites
-  appâts inoccupées
-  *Anoplolepis gracilipes*
-  *Wasmannia auropunctata*



STEP



0 100 200 m