

## TRENTE ANS PLUS TARD... LES FOURMIS ROUSSES DES BOIS, TOUJOURS UN BON INDICATEUR DE L'ÉTAT DE CONSERVATION DES FORÊTS DE MONTAGNE ?

DAMIEN MARAGE\* – GUY LEMPÉRIÈRE\*\* – CHRISTOPHE VOREUX\*\*\*

### EN 1977, EN FORÊT COMMUNALE DE FORMIGUÈRES (PYRÉNÉES-ORIENTALES)

Dans le courant des années 1970, Claude Torossian, entomologiste de l'université Paul-Sabatier de Toulouse, s'est basé sur des mesures de densité et de volume de dômes de fourmis rouges des bois — plus exactement : les huit espèces du groupe *Formica rufa* (Betrem, 1960) — pour évaluer l'état d'écosystèmes forestiers de montagne.

Les espèces du groupe *Formica rufa* sont principalement présentes dans les forêts de montagne européennes et construisent des dômes à partir d'aiguilles et de divers matériaux sur du bois mort tel que des souches. Mis à part *Formica rufa sensu stricto*, elles forment des sociétés *polycaliques*, c'est-à-dire fondant plusieurs dômes. L'évolution de la construction d'un dôme suit une dynamique qui peut s'échelonner sur plus de 25 ans.

Torossian a ainsi établi un vaste plan d'échantillonnage dans les Pyrénées-Orientales et certaines forêts des Alpes du Sud. Ses mesures ont servi d'indicateurs biologiques de l'état des forêts de montagne (Torossian, 1977). L'auteur a pu ainsi démontrer que dans les massifs des Alpes et des Pyrénées, le volume et la densité des dômes diminuaient selon le type de perturbation (surfréquentation, activités de sports d'hiver, construction...).

Il nous a paru intéressant de prolonger l'étude menée en 1977 par Torossian et ses collaborateurs sur le volume et sur la densité des dômes en forêt communale de Formiguères, par une étude sur le même site afin d'évaluer l'état de conservation de la forêt, de le comparer à l'état établi par Torossian trente ans plus tôt, et de quantifier l'évolution de cet état. L'approche myrmécologique a été complétée par une étude du bois mort, autre indicateur du fonctionnement des écosystèmes forestiers (Gosselin et Laroussinie, 2002).

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### Les Camporells : un site naturel remarquable

D'une surface de 756 ha, la forêt communale de Formiguères jouxte la forêt domaniale des Camporells. Ce vaste massif de plus de 3 000 ha est situé dans le parc naturel régional des Pyrénées catalanes et inclus dans le site Natura 2000 « Capcir, Carlit, Campcardos » (figure 1, p. 112).

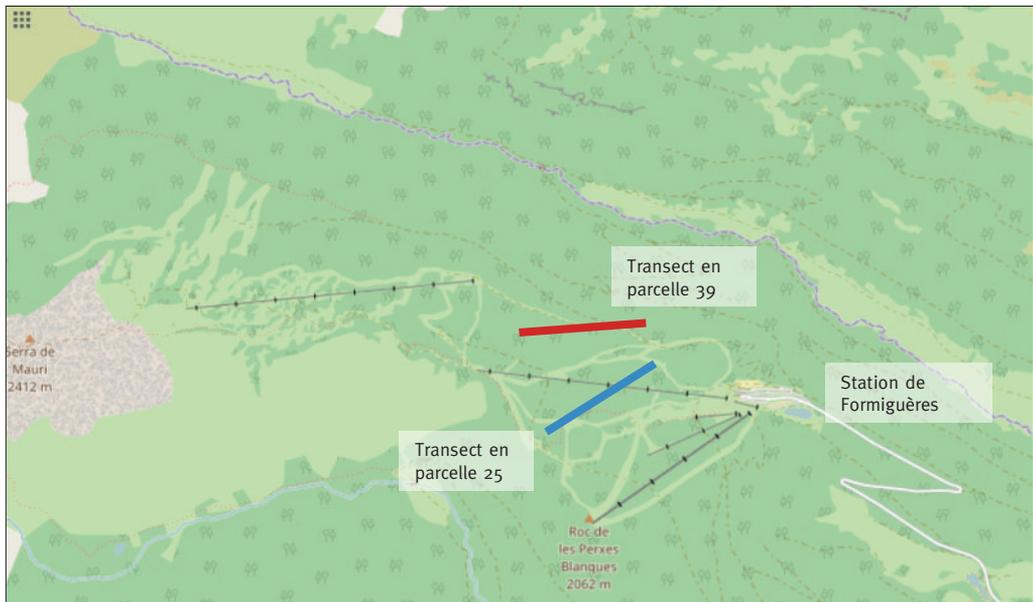
\* LADYS, 75000, Paris, France

\*\* LAREP, 78000, Versailles, France

\*\*\* UMR LERFoB, AgroParisTech, INRA, 54000, Nancy, France

FIGURE 1

## CARTE DE LA FORÊT DE FORMIGUÈRES



Cette forêt communale, localisée à l'étage subalpin, présente de nombreux habitats d'intérêt communautaire comme les forêts de Pins à crochet du *Veronico-Pinetum* (code EUR27 9430) et de nombreuses populations d'espèces d'intérêt communautaire parmi lesquelles figure le Grand Tétràs (*Tetrao urogallus aquitanicus* Ingram, 1915).

Au milieu des années 1970, les communes des Angles et de Formiguères décident de développer le tourisme hivernal. Les deux premiers remonte-pentes sont installés en 1973 au lieu-dit « la Calmazeille ». C'est précisément dans ce secteur que Torossian et Roques (1979) initient leurs premières mesures sur les dômes de fourmis. Les mesures de rééchantillonnage que nous avons réalisées avec les étudiants d'AgroParisTech de la dominante d'approfondissement « Gestion des milieux naturels » en 2008 sont localisées sur la parcelle 25 sise au lieu-dit « Font de la Calmasella », correspondant exactement au site « Calmazeilles Télési » de Torossian (1977), et sur la parcelle 39 correspondant au site « Calmazeilles D ».

En 2000, les stations des Angles et de Formiguères accueilleraient près de 360 000 journées-skieurs sur trente kilomètres de domaine skiable, générant un chiffre d'affaires de trente millions d'euros par an en moyenne (Anonyme, 2004).

### Le caractère bioindicateur des fourmis rousses des bois

Le genre *Formica* est particulièrement représenté dans les écosystèmes forestiers de montagne (Della Santa, 1995). Parmi les huit espèces du groupe *Formica rufa*, seule *Formica lugubris* Zett a été identifiée et échantillonnée en 2008. C'est également cette espèce qui avait été identifiée dans plus de 90 % des échantillons par Torossian et Roques en 1977.

D'après la méthodologie initiée et développée par Torossian (1984) et reprise par Lempérière *et al.* (2002) et Boudjema *et al.* (2006), les dômes de fourmis ont été caractérisés par leur diamètre, leur hauteur, leur activité et le type de végétation et de support. Leur volume a été calculé

comme indiqué dans Lempérière *et al.* (2002). La position de chaque dôme a été relevée par GPS (Trimble GeoXM).

### Le choix d'un protocole d'échantillonnage adapté

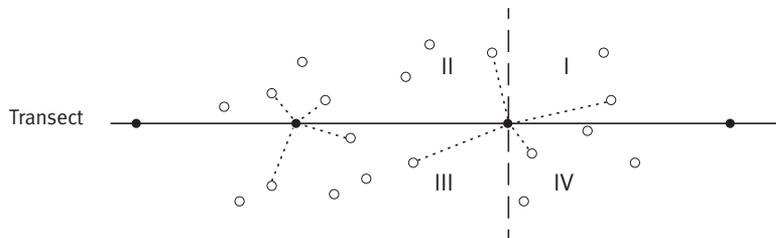
Mis au point par Cottam et Curtis (1956), puis validé par Morisita (1957), le protocole *Point Centered Quarter Method* (PCQM) rentre dans le champ des techniques d'échantillonnage par la distance. Il consiste à implanter un transect, à y répartir vingt points équidistants, puis, sur chaque point, à disposer quatre quadrants dans lesquels l'objet à échantillonner, ici les dômes de fourmis d'une part et le bois mort d'autre part, est le plus proche du point central et à en mesurer sa distance (figure 2, ci-dessous).

En chaque point a été également mesurée la distance euclidienne à la piste de ski ou la piste ou route forestière la plus proche, variable permettant d'apprécier le degré de perturbation anthropique. Cette variable traduit le degré de fragmentation de l'habitat pour les populations de fourmis rousses des bois, paramètre crucial pour ces insectes sociaux qui établissent une communication étroite entre le dôme abritant la reine et les dômes satellites (Torossian et Humbert, 1982 ; Maggini *et al.*, 2002 ; Cherix *et al.*, 2012).

Considéré comme « une annexe organique épigée du sol » (Gobat *et al.*, 2008), le bois mort est une composante majeure des écosystèmes forestiers puisque de nombreux groupes faunistiques et floristiques en dépendent (Gosselin et Laroussinie, 2002). Deux types de nécromasse ont été distingués : le bois mort sur pied et le bois mort au sol. Pour le bois mort sur pied, l'espèce, le diamètre à 1,30 m (diamètre de précomptage de 7,5 cm) et la classe de décomposition selon Maser *et al.* (1979) ont été relevés. Pour le bois mort au sol, l'espèce, le diamètre au fin bout et au gros bout (seuil de 5 cm), la longueur (seuil de 1 m) et la classe de décomposition ont été mesurés. Ces paramètres liés au bois mort n'avaient pas été mesurés par Torossian (1977).

FIGURE 2

### DESSIN DU TRANSECT DANS LE PROTOCOLE PCQM (d'après Cottam et Curtis, 1956)



### Analyse des données

L'analyse des paramètres myrmécologiques (biovolume = dôme en activité ; nécrovolume = dôme abandonné), catégorie de volume de dômes (PD : petit dôme, DM : dôme moyen, GD : gros dôme, TGD : très gros dôme, tableau II, p. 115) a été décrite par ailleurs par Lempérière *et al.* (2002).

Les densités de dômes, les densités de tiges et les surfaces terrières à l'hectare de bois mort au sol et sur pied ont été calculées grâce à un script sous R (Marage et Mitchell, 2012). Le volume du bois mort sur pied à l'hectare a été calculé à partir du tarif de cubage Schaeffer lent n° 4 (tarif aménagement). Le volume du bois mort au sol a été calculé selon la formule de Smalian

(Pardé et Bouchon, 2009). Le test de corrélation des rangs de Spearman a été utilisé pour étudier la relation entre bois mort, volume sur pied, distance aux pistes forestières et skiables et densité de dômes à l'hectare. La relation entre le biovolume et le volume de bois mort au sol et sur pied a été testée : aucune relation significative n'a pu être mise en évidence entre la quantité totale de bois mort et le biovolume des dômes comme on pouvait s'y attendre puisque l'écologie des fourmis rousses des bois est assez connue pour pouvoir prédire cela.

L'hypothèse testée est que la zone forestière plus productive (parcelle 39) aurait un volume moyen et une densité de dômes de *Formica rufa* plus élevés car la quantité de matériaux pour l'édification des dômes est importante. Les inventaires dendrométriques réalisés lors de la révision de l'aménagement de la forêt communale de Formiguères (2000) indiquent un volume sur pied et une densité de tiges deux fois plus importants en parcelle 25 qu'en parcelle 39, ceci étant à relier au traitement et à l'orientation : futaie régulière pour la parcelle 25 en versant sud et futaie irrégulière pour la parcelle 39 en versant nord (tableau I, ci-dessous).

TABLEAU I

**Caractéristiques dendrométriques des parcelles 25 et 39  
de la forêt communale de Formiguères**

(d'après l'aménagement forestier, période d'application 2001-2015,  
et les mesures sur le bois mort réalisées en 2008)

	Parcelle 25	Parcelle 39 a	Parcelle 39 b
Type de peuplement	Futaie régulière de Pin à crochets	Futaie irrégulière de Pin à crochets	Futaie irrégulière de Pin à crochets (70 %) et Sapin
Volume sur pied (m <sup>3</sup> /ha)	380	180	70
Densité (nombre de tiges par hectare)	2 000	900	150
Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)	34	27	27
Diamètre moyen (cm)	30	25	30
Densité de bois mort sur pied (nombre de tiges par hectare)	61	12,7	
Densité de bois mort au sol (nombre de tiges par hectare)	132,5	179,6	
Volume de bois mort sur pied (m <sup>3</sup> /ha)	14,2	3,2	
Volume de bois mort au sol (m <sup>3</sup> /ha)	5,5	5,8	

## RÉSULTATS

### État de conservation actuel des populations du groupe *Formica rufa* en forêt de Formiguères

La densité de dômes est de 10,9 dômes par hectare en parcelle 39 et de 6,4 en parcelle 25 (tableau II, p. 115). Le volume moyen par dôme est de 0,24 m<sup>3</sup> pour la parcelle 25 et de 0,20 m<sup>3</sup> pour la parcelle 39 : il est donc légèrement plus faible sur la parcelle 39. Le volume des dômes à l'hectare est plus important sur la parcelle 39. La part de nécovolume est faible sur les deux parcelles, particulièrement sur la parcelle 39.

Concernant le nombre de dômes par catégorie de volumes (PD, DM, GD et TGD), la tendance est similaire sur les deux parcelles : une majorité de dômes moyens et de gros dômes (tableau II, ci-dessous). La catégorie des petits dômes est présente uniquement en parcelle 39.

**TABLEAU II Comparaison diachronique des caractéristiques des paramètres myrmécologiques dans deux parcelles en forêt communale de Formiguères (Pyrénées-Orientales) entre 1973 ou 1977 et 2008**

(PD : petit dôme moins de 32 dm<sup>3</sup> ; DM : dôme moyen de 32 dm<sup>3</sup> à 256 dm<sup>3</sup> ; GD : gros dôme de 256 dm<sup>3</sup> à 2 048 dm<sup>3</sup> ; TGD : très gros dôme, plus de 2 048 dm<sup>3</sup>)

	Parcelle 25		Parcelle 39	
	1977	2008	1973	2008
Année de relevé	1977	2008	1973	2008
Biovolume (m <sup>3</sup> )	0,64	0,98	2,85	3,4
Nécrovolume (m <sup>3</sup> )	0,55	0,19	0	0,14
Indice nécrotique (rapport du nécrovolume au biovolume)	0,85	0,2	0	0,04
Volume moyen (m <sup>3</sup> )	0,05	0,18	0,12	0,32
Nombre de PD	28	–	33	8
Nombre de DM	72	51	63	55
Nombre de GD	–	49	4	37
Nombre de TGD	–	–	–	–
Densité (nombre de dômes par hectare)	24,3	6,4	24	10,9

### Trente ans après, la densité des dômes a fortement chuté, leur volume total augmente

En parcelle 25, la densité des dômes est passée de 24,3 dômes par hectare en 1977 à 6,4 en 2008 ; en parcelle 39, la densité des dômes est passée de 24 dômes par hectare en 1973 à 10,9 en 2008 (tableau II, ci-dessus).

Le biovolume des dômes a globalement augmenté, passant de 0,64 à 0,98 m<sup>3</sup>/ha pour la parcelle 25 et de 2,85 à 3,4 m<sup>3</sup>/ha pour la parcelle 39, en l'espace de trente ans (tableau II, ci-dessus). En comparant la valeur obtenue en 2008 à la valeur de 1,3 m<sup>3</sup>/ha considérée comme un seuil par Torossian et Roques (1979), l'état de conservation des fourmis rousses des bois s'est donc amélioré sur la parcelle 25 tout en restant insatisfaisant.

Le nécrovolume est relativement faible : en parcelle 25, il a diminué passant de 0,55 à 0,19 m<sup>3</sup>/ha ; en parcelle 39 en 1973, les dômes étaient tous vivants, en 2008, le nécrovolume est estimé à 0,14 m<sup>3</sup>/ha (tableau II, ci-dessus). C'est donc une évolution contrastée entre les deux parcelles de ce point de vue.

Le volume moyen par dôme est passé de 0,05 m<sup>3</sup> à 0,18 m<sup>3</sup> en parcelle 25, et de 0,12 à 0,32 m<sup>3</sup> en parcelle 39 (tableau II, ci-dessus) : la tendance est un triplement du volume moyen d'un dôme entre les deux périodes.

L'évolution de la proportion des catégories de dômes nous indique que les petits dômes et les dômes moyens ont globalement chuté au profit d'une augmentation des gros dômes, qui passent de 4 % à 37 % en parcelle 39 et de 0 % à 49 % en parcelle 25. En 2008 comme en 1977 et 1973, les très gros dômes sont absents (tableau II, ci-dessus).

### La qualité de l'habitat a un effet sur la densité actuelle des dômes

Les parcelles 25 et 39 présentent des différences notables en termes d'exposition (respectivement sud et nord), de traitement sylvicole (respectivement futaie régulière et irrégulière) et de perturbations anthropiques (distance aux pistes de ski ou aux pistes forestières).

La relation entre la densité des dômes et le volume sur pied à l'hectare a été testée : le nombre de dômes augmente significativement quand le volume sur pied diminue. Cette densité est significativement plus importante en parcelle 39, ce qui est conforme avec notre hypothèse de départ liée à la production biologique. Mais les autres paramètres myrmécologiques ne présentent pas de différences significatives entre parcelles. Le lien entre ce degré de perturbation (distance aux pistes skiables ou forestières) et la densité de dômes n'est significative qu'au seuil de 8 % : les dômes sont moins abondants quand les pistes sont plus proches.

## DISCUSSION

### État des populations de fourmis rousses des bois à Formiguères

Les résultats montrent que la parcelle 25 présente un volume de dômes de 0,98 m<sup>3</sup>/ha, valeur faible au regard du seuil minimal de 1,3 m<sup>3</sup>/ha fixé par Torossian *et al.* (1984), traduisant un mauvais état de conservation des populations de fourmis. À cela s'ajoute une densité un peu faible de dômes, ce qui n'était pas observé avant la création des pistes de ski (Torossian, 1979).

Le morcellement local du milieu par les activités humaines conduit à une dégradation reflétée par la réponse du groupe indicateur *Formica rufa*. Les études menées à Osséja et Font-Romeu en 1977 (Torossian, 1977) indiquent une densité de 5 dômes par hectare et un volume moyen de 0,284 m<sup>3</sup> en forêt non perturbée (Osséja) tandis qu'en forêt très dégradée (Font-Romeu), la densité est de 0,3 dôme par hectare pour un volume moyen de 0,077 m<sup>3</sup>.

Cependant, les inventaires forestiers mentionnés précédemment indiquent que la forêt présente une densité de tiges et une surface terrière nettement plus importantes en versant sud (2 000 tiges par hectare et 34 m<sup>2</sup>/ha) qu'en versant nord (900 tiges par hectare et 27 m<sup>2</sup>/ha). Arnan *et al.* (2009) ont montré que la structure des peuplements de Pin à crochets dans les Pyrénées joue un rôle déterminant dans la structure des communautés de fourmis : les peuplements avec une forte densité de tiges mais une faible surface terrière étant les plus favorables pour *Formica lugubris*, ce que nous confirmons également ici.

### État des populations de fourmis rousses des bois dans les habitats forestiers de montagne

Les paramètres myrmécologiques développés par Torossian *et al.* (1984) ont été mesurés par de nombreux gestionnaires d'espaces naturels protégés, principalement dans les Alpes (Hatier, 2001 ; Lempérière *et al.*, 2002 ; Broc, 2002 ; Boyrel, 2007). Par exemple, ces paramètres ont permis de mieux caractériser la dynamique de la sylvigénèse sur les hauts plateaux du Vercors (Boyrel, 2007) avec des densités moyennes de 16 dômes par hectare et un biovolume moyen de 4,8 m<sup>3</sup>. Dans des milieux vulnérables comme les pinèdes des hauts plateaux du Vercors, les agressions anthropiques (écêtage de dômes, piétinement, dérangement dû au pique-nique) semblent être la cause principale d'une augmentation du nombre de petits dômes, de l'indice nécrotique (rapport entre le nécrovolume et le biovolume), et une diminution du volume moyen des dômes, ce qui rejoint les conclusions de notre analyse en forêt de Formiguères.

Dans la réserve naturelle nationale des Aiguilles-Rouges (Haute-Savoie), l'éclaircissement et la stabilité des milieux semblent conditionner l'état des colonies : l'emplacement de la majeure partie

des dômes, et surtout des plus petits, aux abords des sentiers les plus fréquentés en témoigne. Comme se le demande Broc (2002), ce choix d'emplacement des dômes serait une conséquence des perturbations anthropiques : la multiplication des dômes serait-elle une réponse adaptative ?

À l'inverse, à la dent de Crolles située dans le parc naturel régional de Chartreuse, Hatier (2001) constate que la corrélation entre l'ouverture du milieu par les sentiers et une plus forte densité de dômes n'est pas vérifiée. La polycalie et l'aide entre les dômes permettent aux fourmis rousses des bois d'habiter et d'exploiter des zones moins favorables comme des peuplements plus fermés. Néanmoins, sous couvert forestier, les sentiers créent des écotones près desquels les dômes sont installés de manière préférentielle.

### **Pour un monitoring des écosystèmes forestiers intégrant le groupe *Formica rufa*, y compris en forêts de plaine**

Nageleisen (1999) faisait déjà remarquer que l'application de cette grille d'analyse établie pour des forêts mixtes de montagne était délicate pour des forêts feuillues ou mélangées de plaine. À titre de comparaison, dans le massif de la Serre (Jura), Maillot (1997) a étudié la répartition des dômes en forêt communale de Dole. Trois groupes d'espèces avaient été identifiés, respectivement *Formica rufa* (83 %), *Formica polyctena* (15 %) et *Serviformica fusca* (2 %). La densité était de 5 dômes par hectare. Maillot (1997) souligne que les jeunes futaies, le taillis dense, les halliers de ronces, sont peu colonisés car l'ensoleillement est limitant. Maillot (1997) souligne que les colonies sont aussi nombreuses sous peuplements résineux que sous feuillus, résultat surprenant car les plantations résineuses, en particulier d'Épicéa commun, favorisent l'implantation des dômes par l'abondance des pucerons des aiguilles, ressource alimentaire privilégiée des fourmis.

Comme le souligne Nageleisen (1999), les forêts du nord-est de la France révèlent une densité très faible des populations du groupe *Formica rufa* et une répartition très hétérogène à l'échelle de grands massifs. Dans le parc naturel régional des Vosges du Nord, le biovolume moyen est compris entre 0,28 et 0,35 m<sup>3</sup>/ha dans des peuplements d'Épicéa et de Pin sylvestre ; en forêt domaniale de Gérardmer, la densité est de 1,2 dôme à l'hectare pour un biovolume de 0,24 m<sup>3</sup> dans les sapinières ; la répartition en gros, moyens et petits dômes est respectivement de 15 %, 66 % et 19 % (Nageleisen, 1999). Pour cet auteur, les raisons en restent largement inconnues. Nous pouvons cependant avancer deux explications hypothétiques, l'une pour les anciennes forêts royales et l'autre pour les forêts des maîtres de forges. Dans certaines forêts royales, l'élevage du petit gibier, notamment des faisans, reposait sur les larves de fourmis que les gardes forestiers collectaient en grand nombre, au point d'anéantir l'ensemble des populations comme cela a été démontré dans le massif de Rambouillet (Klein, 1988). Au XIX<sup>e</sup> siècle, dans les domaines forestiers des maîtres de forges, l'augmentation conjointe de l'intensité et de la fréquence des exploitations est un facteur indéniable de perturbation des populations de fourmis (Rameau, 1980). Il est possible que ces pratiques aient eu pour conséquence qu'en forêt de plaine les populations soient quasi inexistantes ou vestigiales (Nageleisen, 1999). Au contraire, les boisements résineux depuis la Seconde Guerre mondiale et l'augmentation du réseau de desserte forestière ont sûrement permis de restaurer certaines populations lorsque celles-ci étaient présentes localement, comme dans le massif de la Serre (Jura).

Globalement, la fragmentation des massifs reste néanmoins un frein à la colonisation par de nouvelles populations (Cherix *et al.*, 2012). Les archives de Torossian sont précieuses car elles permettent de comparer de manière diachronique des états de conservation de populations d'espèces indicatrices. Ces mesures réalisées dans les années 1970-1980 pourraient servir de références. C'est d'ailleurs déjà le cas actuellement dans la réserve biologique intégrale du Bois du Chapitre dans les Hautes-Alpes (Lemprière *et al.*, 2002).

Régulatrices de certaines populations d'insectes causant des dommages aux peuplements forestiers, les populations du groupe *Formica rufa* participent aux services écosystémiques de régulation. Elles méritent alors, comme dans de nombreux pays d'Europe (Pologne, Allemagne, République tchèque, Italie, Suisse), un statut légal de protection stricte et une réelle prise en compte dans les documents d'aménagement forestier.

**Damien MARAGE**  
Membre associé au LADYSS  
LADYSS  
2, rue Valette  
F-75005 PARIS  
(marage.damien@gmail.com)

**Guy LEMPÉRIÈRE**  
LAREP  
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DU PAYSAGE  
10 rue du Maréchal Joffre  
F-78000 VERSAILLES  
(guy.lempriere@gmail.com-)

**Christophe VOREUX**  
Lerfob, AgroParisTech, INRA  
AgroParisTech  
14 rue Girardet  
CS 14216  
F-54042 NANCY CEDEX  
(christophe.voreux@agroparistech.fr)

## Remerciements

Les données ont été recueillies en 2008 avec le concours des étudiants de la dominante d'approfondissement « Gestion des milieux naturels » d'AgroParisTech-ENGREF, encadrés par Damien Marage. Nous tenons à remercier également le personnel du parc naturel régional des Pyrénées catalanes et de l'Office national des forêts pour l'accès à leurs données respectives.

## BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, 2004. *Diagnostic socio-économique. Charte du Parc naturel régional des Pyrénées catalanes*. 115 p.
- ARNAN X., GRACIA M., COMAS L., RETANA J., 2009. Forest management conditioning ground ant community structure and composition in temperate conifer forests in the Pyrenees mountains. *Forest Ecology and Management*, vol. 258, n° 2, pp. 51-59.
- BETREM J.G., 1960. Ueber die Systematik der *Formica rufa*-Gruppe. *Tijdschrift voor Entomologie*, vol. 103, pp. 51-81.
- BOUDJEMA G., LEMPÉRIÈRE G., DESCHAMPS-COTTIN M., MOLLAND D.G., 2006. Analysis and nonlinear modeling of the mound-building ant *Formica lugubris* spatial multi-scale dynamic in a larch-tree stand of the southern French Alps. *Ecological Modelling*, vol. 190, pp. 147-158.
- BOYREL S., 2007. *Structure des communautés myrmécologiques et écologie du paysage : le cas de la Réserve Biologique Intégrale des Hauts Plateaux du Vercors*. Tours : Université François Rabelais (Master II Contrôle et Conservation des Populations d'Insectes).

- BROC V., 2002. *Recherches d'indicateurs pertinents des dynamiques écologiques liées aux sentiers et aux écotones associés : le cas des sentiers de moyenne montagne en matrice boisée de la Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges (Haute-Savoie)*. Grenoble : Institut de Géographie alpine, Université Joseph Fourier. 90 p. + annexes (Mémoire de DEA).
- CHERIX D., BERNASCONI C., MAEDER A., FREITAG A., 2012. Fourmis des bois en Suisse : État de la situation et perspectives de monitoring. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, vol. 163, n° 6, pp. 232-239.
- COTTAM G., CURTIS J., 1956. The use of distance measure in phytosociological sampling. *Ecology*, 37, pp. 451-460.
- DELLA SANTA E., 1995. Les Fourmis de Provence. *Faune de Provence*, vol. 16, pp. 5-38.
- GOBAT J.-M., ARAGNO M., MATTHEY W., 2008. *Le sol vivant : Bases de pédologie - Biologie des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 568 p.
- GOSSELIN M., LAROUSSINIE O., 2002. *Biodiversité et gestion forestière, connaître pour préserver ; Synthèse bibliographique*. Gestion des territoires. Paris : Cemagref.
- HATIER J.H., 2001. *Recherche d'indicateurs pertinents et estimation de l'impact de pratiques sportives en montagne en Chartreuse (exemple de la Dent de Crolles)*. Grenoble : Institut de Géographie alpine, Université Joseph Fourier (Mémoire de DEA).
- KLEIN T., 1988. *La vie en Forêt de Rambouillet*. Dampierre-en-Yvelines : Parc naturel régional de la Haute Vallée de Chevreuse. 146 p.
- LEMPÉRIÈRE G., BOURBON G., BURAY A., FRANCHINI S., 2002. Étude des populations de fourmis rousses dans cinq sites du bassin de Gap-Chaudun (Hautes-Alpes). *Revue forestière française*, vol. LIV, n° 5, pp. 419-428.
- MAGGINI R., GUISAN A., CHERIX D., 2002. A stratified approach for modeling the distribution of a threatened ant species in the Swiss National Park. *Biodiversity and Conservation*, vol. 11, n° 12, pp. 2117-2141.
- MAILLOT N., 1997. *Répartition des dômes de fourmis dans le massif de la Serre (Jura)*. Université de Besançon, UFR Sciences et Techniques. 55 p. (Mémoire de maîtrise Biologie des populations et des écosystèmes).
- MARAGE D., MITCHELL K., 2012. *PCQM. R script. version 2.0*.
- MASER C., ANDERSON R.G., CROMACK K., THOMAS J.W., 1979. Dead and down woody material. pp. 78-95. In: *Wildlife habitats in managed forests -the Blue Mountains of Oregon and Washington* / J.W. Thomas ed. USDA Agricultural Handbook 553.
- MORISITA M., 1957. A new method for the estimation of density by spacing method applicable to non randomly distributed populations. *Physiology and Ecology*, 7, pp. 134-144.
- NAGELEISEN L.-M., 1999. Étude de la densité et du rôle bioindicateur des fourmis rousses dans les forêts du nord-est. *Revue forestière française*, vol. LI, n° 4, pp. 487-495.
- PARDÉ J., BOUCHON J., 2009. *Dendrométrie*. 2<sup>e</sup> édition. Nancy : Édition AgroParisTech. 328 p.
- RAMEAU J.-Cl., 1980. Forêt et métallurgie. Influence des activités économiques sur la structure et la composition floristiques des milieux forestiers. In: *Le fer dans la vie haut-marnaise de l'Antiquité à nos jours*, Journées haut-marnaises d'Art et d'Histoire, Chaumont, 21-22 mars 1980.
- TOROSSIEN C., 1977. Les fourmis rousses des bois (*Formica rufa*) indicateurs biologiques de dégradation des forêts de montagne des Pyrénées orientales. *Bulletin d'Écologie*, vol. 8, n° 3, pp. 333-348.
- TOROSSIEN C., HUMBERT P., 1982. Les Fourmis rousses des bois et leur rôle dans l'écosystème forestier. *Revue forestière française*, vol. XXXIV, n° 1, pp. 32-41.
- TOROSSIEN C., ROQUES L., 1979. Étude des fourmis du groupe *Formica rufa* des Pyrénées catalanes françaises. *Bulletin OILB/SROP*, vol. 11, n° 3, pp. 243-262.
- TOROSSIEN C., ROQUES L., 1984. Les réponses de *Formica lugubris* Zett. à la dégradation anthropique de forêts de l'étage subalpin français. *Bulletin d'Écologie*, vol. 15, n° 1, pp. 77-90
- TOROSSIEN C., ROQUES L., COLOMBET P., 1984. Dynamique des populations de la fourmi rousse *Formica lugubris* dans différents biotopes forestiers montagnards. *Acta biologica montana.*, vol. IV, pp. 127-148.

**TRENTE ANS PLUS TARD... LES FOURMIS ROUSSES DES BOIS, TOUJOURS UN BON INDICATEUR DE L'ÉTAT DE CONSERVATION DES FORÊTS DE MONTAGNE ? [Résumé]**

Le groupe d'espèces *Formica rufa* est considéré comme un bon indicateur de l'état de conservation des forêts de montagne. Le protocole standardisé pour le suivi des peuplements myrmécologiques mis au point par Torossian en 1982 a été repris trente ans après sur le même site avec des mesures sur le peuplement myrmécologique d'une forêt de montagne pyrénéenne. Les résultats indiquent que la densité des dômes a fortement chuté. Nous avançons que la densité des pistes de ski, les oppositions de versants et la nature des peuplements forestiers pourraient expliquer ces variations. Compte tenu de la durée de vie des populations de *Formica rufa*, cette étude souligne l'importance de telles analyses diachroniques pour le suivi à long terme des écosystèmes forestiers.

**THIRTY YEARS LATER... IS THE RED WOOD ANT STILL A GOOD INDICATOR FOR THE STATE OF CONSERVATION OF MONTANE FORESTS ? [Abstract]**

The *Formica rufa* group of species is considered to be a good indicator of the state of conservation of montane forests. The standardised protocol for tracking myrmecological populations developed by Torossian in 1983 is re-examined thirty years onwards at the same site using measurements of the myrmecological population of a montane forest in the Pyrenees. Results show that the density of domes has dropped drastically. We hypothesize that the density of ski runs, the contrasts between different-facing slopes, and the type of forest stands may explain these variations. Considering the life expectancy of *Formica rufa* populations, this study underscores the importance of diachronic analyses like these for the purpose of long term monitoring of forest ecosystems.

---