



Les fourmis rouges des bois (*Formica rufa* Linnaeus, 1761 & *Formica polyctena* Foerster, 1850 : Hymenoptera, Formicidae) Écologie et enjeux de conservation en Bretagne

Clément GOURAUD

L'état de conservation des populations de fourmis rouges des bois est mal connu en Bretagne, où elles sont exposées à de multiples facteurs de perturbation pouvant contribuer à leur régression.

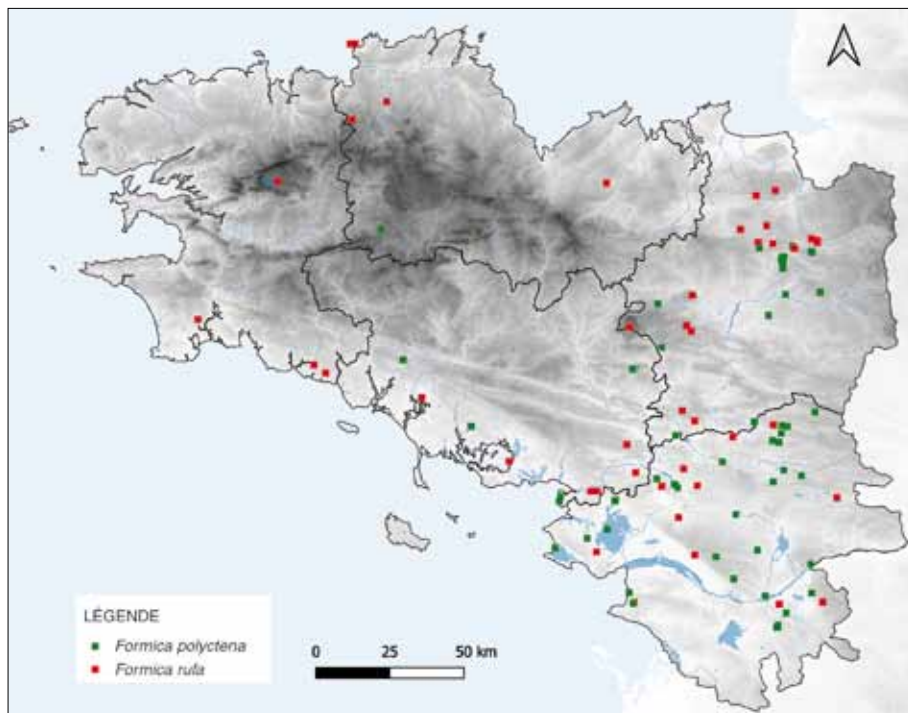
La Bretagne compte trois représentantes du complexe d'espèces des fourmis rouges des bois, communément identifiées sous le terme générique de « fourmis rouges » ou « fourmis des bois ». Parmi celles-ci, *Formica pratensis* Retzius, 1783, est davantage inféodée aux habitats ouverts à semi-ouverts et fréquente les milieux landicoles, les fourrés et les zones de bocage. Les deux autres espèces (*Formica polyctena* Foerster, 1850 et *Formica rufa* Linnaeus, 1758) sont surtout forestières. L'état de

conservation de leurs populations est mal connu en Bretagne. Cependant, à l'instar d'autres régions françaises, il semble que les fourmis rouges des bois y sont exposées à de multiples facteurs de perturbation pouvant localement contribuer à leur régression, voire leur extinction. Pour estimer les enjeux de conservation relatifs à ces espèces, il est essentiel de rappeler l'importance écologique de ce taxon et d'identifier les menaces existantes sur notre territoire [1].



C. Gouraud

[1] Deux ouvrières s'échangeant du contenu alimentaire (échange trophallactique) à Saint-Sébastien-sur-Loire. Avril 2019.

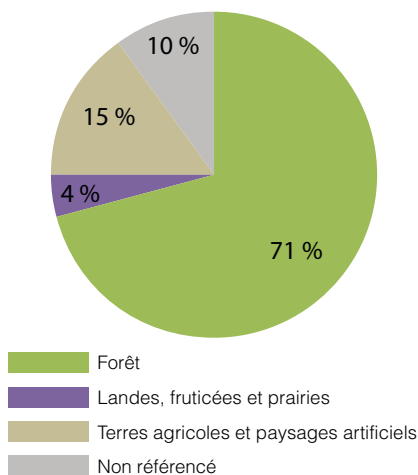


[2] **Distribution des observations de fourmis rouges des bois en Bretagne (base de données GeoNature (GRETIA : Enquête sur la Répartition des Fourmis Armoricaines – ERFA), Vivarmor Nature, SEPNEB, novembre 2020).**

Les fourmis rouges des bois et leurs habitats en Bretagne

Formica polyctena et *Formica rufa* occupent une aire de répartition semblable. Au niveau mondial, leur distribution est eurasiatique. En France, elles sont rares ou absentes des bassins aquitain et méditerranéen. En montagne, elles ne dépassent généralement pas l'altitude de 1500 m. Dans la péninsule armoricaine, ces deux espèces sont assez fréquentes. Malgré l'incomplétude des inventaires, elles semblent plus rares en Basse Bretagne [2].

Formica polyctena et *Formica rufa* sont inféodées aux milieux forestiers et peuvent aussi être trouvées dans de petits boisements isolés dans des contextes d'habitats fragmentés (Seifert *et al.*, 2010 ; Dekoninck *et al.*, 2014). Dans la région, une part non négligeable des données concerne des habitats semi-ouverts tels des formations de fourrés arbustifs et des haies bocagères anciennes [3].



[3] **Distribution des observations de fourmis rouges des bois par type d'environnement en Bretagne, 143 témoignages : source ERFA – enquête sur la répartition des fourmis armoricaines) octobre 2020).**

Formica rufa et *Formica polyctena* sont étroitement apparentées et sont d'ailleurs connues pour s'hybrider (Seifert,

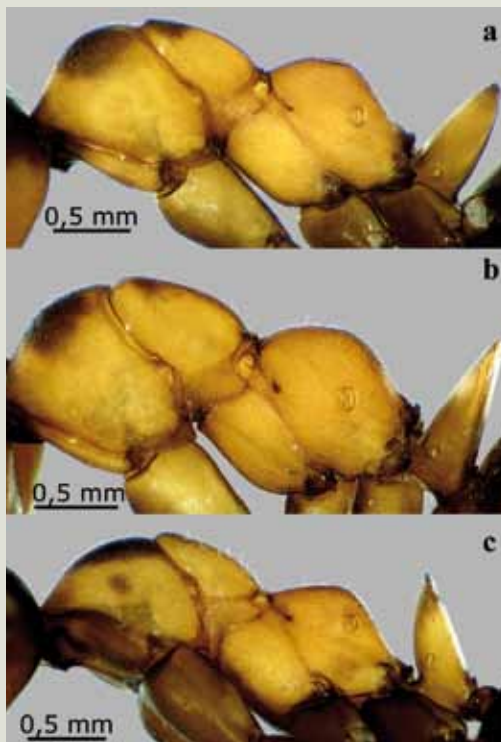
Identifier *Formica polyctena* et *Formica rufa*

En Bretagne, la distinction entre les trois espèces de *Formica stricto sensu* ne présente pas de risques de confusion particuliers. Contrairement à *F. pratensis*, les deux autres espèces ont un occiput et des yeux glabres.

Le mésosome¹, le pétiole² et la gula³ sont quasiment ou complètement glabres chez *F. polyctena*. À l'inverse, *F. rufa* est couverte de poils dressés sur ces éléments anatomiques. L'hybride entre ces deux espèces prête davantage à confusion car il possède des caractères intermédiaires.

Comparaison de la pilosité du mésosome chez : a. *Formica polyctena* (spécimen capturé à Sautron (Loire-Atlantique), 2016), b. *Formica rufa* x *polyctena* (spécimen capturé à Tréguely - Guémené-Penfao (Loire-Atlantique), 2018), c. *Formica rufa* (spécimen capturé à Allaire (Morbihan), 2019).

C. Gouraud, 2020



1 Mésosome : le premier segment abdominal est fusionné au thorax chez les fourmis, formant ainsi la partie centrale du corps.

2 Pétiole : second segment de l'abdomen isolé permettant l'articulation du reste de l'abdomen (gastre)

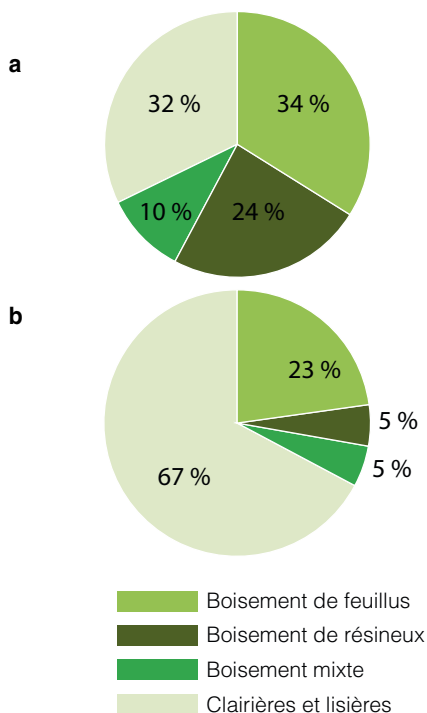
3 Gula : plaque ventrale du crâne

1991 ; Seifert *et al.*, 2010). Elles peuvent être distinguées l'une de l'autre par l'observation de leur pilosité et leurs préférences écologiques en termes d'habitats.

Formica rufa est une espèce plutôt inféodée aux lisières. La colonie est généralement monogyne et monodôme (unique dôme). La polydômie (colonie constituée de plusieurs nids connectés) et la polygynie (colonie associant plusieurs femelles fécondées fondatrices) sont davantage observées chez *F. polyctena*. Cette dernière est généralement inféodée à l'intérieur des boisements. Cependant, ces généralités ne s'appliquent pas systématiquement aux populations de fourmis rousses des bois (Ellis et

Robinson, 2014). En effet, localement, certaines populations de *F. rufa* forment d'importantes colonies polygynes et polydômes. *F. polyctena* est parfois observée en lisière et même dans des landes arborées (obs. pers.). Néanmoins, les affinités écologiques décrites dans la littérature correspondent aux tendances observées dans les forêts armoricaines. La majorité (68 %) des observations de *Formica polyctena* sont faites à l'intérieur des parcelles forestières tandis que l'inverse est observé pour *Formica rufa*, qui, dans les milieux forestiers, occupe majoritairement les clairières et lisières.

En Bretagne, les habitats préférentiels des fourmis rousses des bois sont la hêtraie-chênaie acidophile à sous-bois



[4] En haut, distribution des observations pour *Formica polyctena* (a) et *Formica rufa* (b). En bas, nid de *Formica polyctena* dans son habitat typique en Bretagne : la hêtraie-chênaie - forêt de Rennes à Liffré (Ille-et-Vilaine).

de houx mais aussi les pinèdes mixtes (*Pinus pinaster* et *Pinus sylvestris*) avec taillis de châtaigner (*Castanea sativa*) [4].

La vie des colonies

Une colonie monogyne peut héberger plusieurs milliers d'ouvrières. Les colonies polygynes en comptent quant à elles des millions et des reines par milliers.

La partie épigée des nids peut atteindre à maturité près de 2 mètres de hauteur, couvrir plusieurs mètres de largeur et héberger près d'un million d'ouvrières. En général, *F. polyctena* est connue pour pouvoir faire des dômes particulièrement hauts tandis que ceux de *F. rufa* sont de dimension plus modeste. La densité de nids observée à l'échelle de populations est généralement inférieure à 10 nids/ha en Europe (Nageleisen, 1999 ; Risch *et al.*, 2016). Par exemple, une des plus importantes populations de *Formica rufa* connue en Loire-Atlantique se situe dans un bois urbain de la métropole Nantaise. On y dénombre près de 70 nids sur 9 ha de boisement (chênaie-charmaie).

En Bretagne, la douceur des hivers permet aux colonies de maintenir une activité minimale aux abords et dans le nid jusqu'au printemps. L'activité des ouvrières qui fourragent s'atténue nettement dès les premiers rafraîchissements du mois d'octobre. On observe ensuite une légère activité durant les redoux hivernaux et même sous des températures inférieures à 10°C. Ainsi, il n'est pas rare d'observer quelques agglomérats d'ouvrières en insolation au sommet des dômes durant les matinées ensoleillées.

Les ouvrières retrouvent un niveau d'activité important dès la fin du mois de mars et notamment lors des premiers essayages. En Bretagne, ils commencent dès le début du printemps et se poursuivent jusqu'au mois d'août avec deux pics identifiés : le plus précoce durant la première quinzaine du mois d'avril et le second, plus conséquent, au début du mois de juin.

Les fourmis rousses des bois sont souvent tributaires de la présence d'un groupe d'ouvrières pour élever leur couvain au moment de la fondation d'une nouvelle colonie. Pour ce faire, elles ont régulièrement recours à deux stratégies

source ERFA, octobre 2020

C. Gouraud

de dispersion différentes (Hölldobler et Wilson, 1990 ; Maeder *et al.*, 2016) :

le parasitisme social temporaire :

Cette stratégie est généralement pratiquée par les colonies monogynes. Après fécondation, la gyne de fourmi rousse des bois quitte son nid pour parasiter la colonie d'une espèce hôte appartenant généralement au sous-genre *Serviformica* Forel, 1913. Elle tue son homologue et la remplace en usurpant son identité. Les ouvrières hôtes ainsi dupées continuent à soigner l'usurpatrice ainsi que son couvain. Mixte dans un premier temps, la colonie deviendra ensuite monospécifique.

le bouturage :

Ce type de dispersion est généralement entrepris dans les colonies polygynes et polycaliques¹. Le principe repose sur la fondation de nouveaux nids par fission de la colonie mère. Les femelles fondatrices fécondées quittent le nid parental accompagnées d'une suite d'ouvrières transportant du couvain. Elles établissent leur nouveau nid en périphérie du nid mère avec lequel elles coopèrent (polycalie).

Le vol nuptial n'est pas systématique (notamment en cas de polygynie) et l'accouplement peut avoir lieu dans la fourmilière ou à proximité. La capacité de dispersion des femelles fondatrices fécondées lors de l'essaimage est peu documentée. Cependant, l'observation récente d'essaimages chez *F. polyctena* a permis de constater une capacité de vol d'au moins 300 m à 900 m (obs. pers.).

Les fourmis des bois au cœur des interactions écosystémiques

Considérées comme des espèces ingénieuses² et clés de voûte³ (Sorvari, 2016), les fourmis rousses des bois représen-

tent un maillon essentiel des écosystèmes forestiers des régions tempérées et boréales.

Elles agissent sur leur biotope en modifiant la structure et la composition physico-chimique du sol (Lenoir *et al.*, 2001 ; Frouz *et al.*, 2005 ; Domisch *et al.*, 2008 ; Jurgensen *et al.*, 2008 ; Wardle *et al.*, 2011 ; Finer *et al.*, 2013).

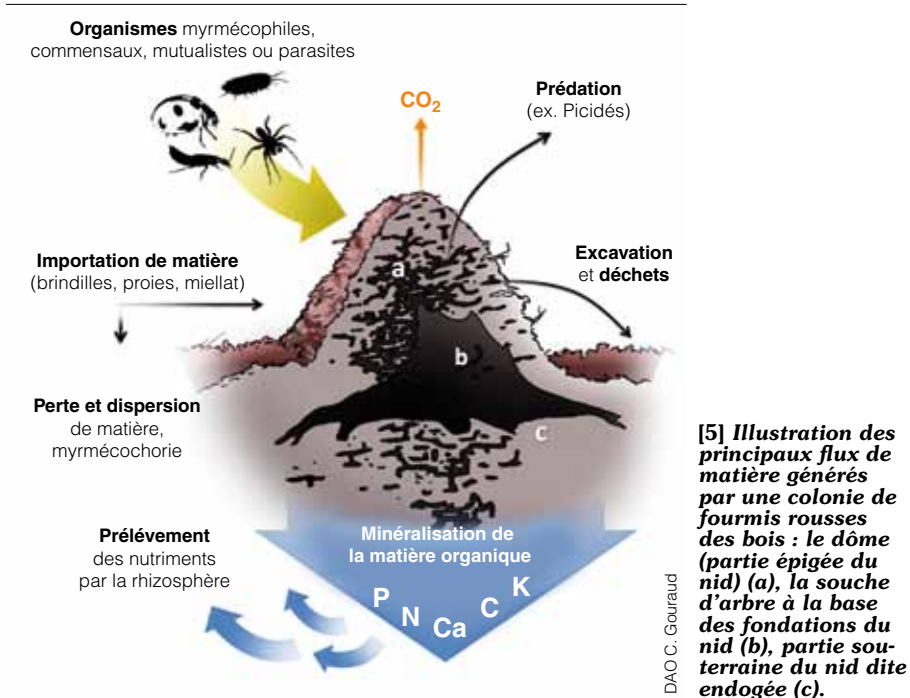
Les ouvrières déplacent d'importantes quantités de matières minérales et organiques pour bâtir leur nid, dont la partie aérienne prend la forme d'un dôme de divers débris de végétaux et de petits graviers. Pour constituer le réseau de galeries, elles excavent la terre en profondeur et la déposent aux abords du nid, ce qui engendre un brassage du sol (Nkem *et al.*, 2000).

Les galeries irriguant le nid favorisent l'aération du sol et facilitent l'infiltration de l'eau (Dlusskij, 1967). Les conditions microclimatiques instaurées par l'activité de la fourmilière sont très favorables aux micro-organismes minéralisants (bactéries et champignons). La vie microbienne du sol s'établissant dans les nids profite des flux de matière organique liés à la construction du nid et à l'activité de fourrage. En effet, les ouvrières rapportent au nid plusieurs kilos de proies, de matières végétales et de mielat chaque année. Cela génère d'importantes quantités de déchets organiques qui, lors de leur décomposition, libèrent des nutriments dans le sol (Dlusskij, 1967 ; Jurgensen *et al.*, 2008 ; Kipelaïnen, 2008 ; Frouz et Jilkova, 2008 ; Frouz *et al.*, 2016). Chaque fourmilière devient alors un véritable « hot-spot » de nutriments au sein du boisement. Ce phénomène favorise d'une part le développement racinaire des végétaux (Ohashi *et al.*, 2007) et concourt également à la diversification de la flore en offrant aux plantes nitrophiles des conditions très favorables [5].

1 Les termes « polycalie » et « polydomie » sont souvent confondus à travers la littérature (Delabie *et al.*, 1991). On entend par polycalie un ensemble de sociétés distinctes établies dans des nids distincts (appelés calies) et coopérant ensemble. Chez certaines espèces, ces calies peuvent progressivement devenir indépendantes (Casevitz-Weulersse, 1979). La polydomie est un mode d'organisation s'apparentant à une « décentralisation du nid » sous la forme d'un ensemble de sous-unités pour une même société. Une colonie peut fonder ainsi plusieurs dômes périphériques au nid principal qu'elle peut occuper puis délaisser au cours de l'année.

2 Les espèces « ingénieuses » sont des organismes qui, par leur activité biologique, modifient directement ou indirectement les paramètres biotiques et abiotiques de leur environnement modulant ainsi la disponibilité des ressources pour d'autres espèces. Ce faisant, ils modifient, maintiennent et créent des habitats (Jones *et al.*, 1994).

3 Les espèces clés de voûte (Paine, 1966) sont des organismes dont l'activité biologique équilibre de manière fondamentale l'écosystème. Leur extinction entraîne alors une perturbation structurelle de l'écosystème.



Les fourmis des bois interfèrent également avec les composantes vivantes de l'écosystème via différentes formes d'interactions.

Tout d'abord, elles interagissent avec le vivant en tant que prédateur opportuniste et omnivore.

Par la prédation, elles modifient la structure et la composition de la biocénose environnante, que ce soit chez les communautés de prédateurs avec lesquels elles sont en compétition (Mabelis, 1984 ; Haemig, 1992) ou chez les consommateurs primaires qu'elles prédatent (Puntilla *et al.*, 2004).

Leur importante biomasse offre une ressource alimentaire non négligeable pour de nombreux prédateurs dont certains sont spécialisés (pic vert, fourmilions, etc.).

Elles participent à la dispersion des végétaux (myrmécochorie) lors du transport de graines au nid (Gorb et Gorb, 1990 ; Heinken *et al.*, 2007). Elles ont

notamment un rôle majeur dans la dispersion de plantes spécialistes caractéristiques des forêts anciennes. La coévolution entre plantes et fourmis a favorisé chez les végétaux le développement d'appareils attractifs incitant les fourmis à collecter les fruits (présence d'élaïosome⁴, mimétisme avec leur nymphe...).

Les fourmis des bois servent d'espèces hôtes à une grande diversité de taxons commensaux, mutualistes ou parasites (Robinson et Robinson, 2013 ; Parker, 2016) qui peuvent être parfois rares ou menacés. En Bretagne, la fourmi xénobionte *Formicoxenus nitidulus*, la coccinelle magnifique *Coccinella magnifica* ou encore le papillon myrmécophile *Plebejus idas* en sont d'emblématiques représentants. Enfin, la production de miellat générée par l'élevage de pucerons bénéficie à d'autres commensaux opportunistes dont les abeilles.

Peu d'études renseignent sur la longévité des colonies. Cependant, localement, certaines populations anciennes

4 Certaines plantes myrmécophiles ont développé un élaïosome, un appendice charnu, riche en éléments nutritifs et fixé à la graine. Une fois l'élaïosome consommé au nid, les fourmis se débarrassent du reste de la graine qui va pouvoir germer. C'est un exemple remarquable de convergence évolutive entre les plantes et les fourmis. Les fourmis participent à la dispersion du végétal en transportant les graines tandis que la plante apporte une ressource alimentaire spécifique par le développement d'élaïosomes.

sont connues. Par exemple à Portbail (50) ou au Cellier (44), ont été identifiés des nids âgés d'au moins une soixantaine d'années (témoignages de riverains). Ces nids anciens ont une valeur patrimoniale exceptionnelle en raison du potentiel écologique qu'ils représentent (abondance d'espèces commensales, parasites et mutualistes).

Des services pour les forestiers et la santé humaine

À ce titre, les fourmis rousses des bois jouent le rôle de veille sanitaire pour les forêts et d'auxiliaires pour la sylviculture en régulant parasites et ravageurs (Gösswald, 1951 ; Otto, 1967 ; Pavan, 1976 ; Horstmann, 1977). À titre d'exemple, une fourmilière de *F. polyctena* peut prélever jusqu'à 6 millions de proies par an sur près de 3000 m² (Horstmann, 1974).

Elles sont aussi un enjeu de santé publique par la régulation d'espèces pouvant engendrer des risques pour la santé humaine comme la tique ou la chenille processionnaire (Zingg *et al.*, 2018 ; Pavan, 1950). L'acide formique produit par les fourmis rousses des bois entre même dans la composition de traitements homéopathiques. Certains scientifiques voient en les fourmis une source potentielle de substances pharmaceutiques (Costa-Neto, 2005).

Des sentinelles de la forêt

Leurs traits écologiques permettent de considérer ces espèces comme bio-indicatrices de l'état de conservation de nos forêts (Torossian, 1977 ; Gösswald, 1990 ; Nageleisen, 1999 ; Marage *et al.*, 2017).

En France, elles sont utilisées dans certains territoires comme indicateurs de la trame verte et bleue.

En Bretagne, *F. polyctena* et *F. rufa* sont assez fréquentes dans les boisements anciens. Elles sont aussi des témoins de

l'ancienneté du bocage. Ainsi, en Ille-et-Vilaine, *F. polyctena* est fréquemment observée sur les talus de haies bocagères anciennes en périphérie de la forêt de Rennes. Autrefois dense, le bocage offrait aux fourmis rousses des bois des conditions écosystémiques semblables aux lisières. Quelques décennies après les dernières campagnes de remembrement, la découverte de populations relictuelles dans les haies bocagères nous apparaît comme un vestige du bocage d'autrefois.

Les fourmis rousses des bois sont aussi des indicatrices de la fermeture de nos paysages. Ainsi, il n'est pas rare de trouver *F. rufa* dans des landes boisées (généralement sous couvert de *Pinus pinaster*).

Enjeux de conservation

L'implication des pouvoirs publics, des gestionnaires d'espaces naturels et de certains forestiers dans la protection des fourmis rousses des bois répond à de multiples enjeux. Outre le fait de préserver ces espèces en tant que bio-patrimoine à transmettre aux générations futures, leur conservation garantit le maintien de fonctions écologiques majeures présentées précédemment. Elles sont d'ailleurs considérées comme des espèces « parapluie⁵ » (Dekoninck *et al.*, 2010).

Enfin, d'un point de vue strictement anthropocentrique, la conservation de ce taxon permet le maintien de nombreux services écosystémiques.

Malheureusement, le contexte dramatique rencontré par la biodiversité mondiale depuis un demi-siècle concerne fortement l'entomofaune (Sánchez-Bayo et Wyckhuys, 2019 ; Cardoso *et al.*, 2020). Plusieurs études récentes mettent en exergue la disparition des insectes dans différents pays européens (Hallmann *et al.*, 2017 ; Hallmann *et al.*, 2020). Malgré le manque d'études spécifiques aux *Formicidae* en Europe, quelques publications témoignent d'une raréfaction des fourmis rousses des bois (Dekoninck *et al.*, 2010 ; Mabelis *et al.*, 2016 ; Marage *et al.*, 2017 ; Wermelinger *et al.*, 2019).

5 D'après l'écologue François Ramade (2002), une espèce parapluie est « une espèce dont le domaine vital est assez large pour que sa protection assure celle des autres espèces appartenant à la même communauté ».

Sorvari (2016) identifie de nombreux facteurs de régression des populations de fourmis rouges des bois qui entravent les possibilités de colonisation, diminuent la résilience des populations et contribuent à leur disparition.

Destruction, altération et fragmentation de l'habitat

Premièrement, l'altération ou la destruction de leurs habitats apparaît comme une des principales menaces à court terme. Contrairement à certains de nos voisins européens (Allemagne, Suisse, Italie), ces espèces ne bénéficient d'aucun statut de protection en France. Pourtant, elles sont identifiées comme espèces quasiment menacées par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (Social Insects Specialist Group, 1996a, 1996b). En France, leur prise en compte par les sylviculteurs, gestionnaires et aménageurs est actuellement insuffisante.

Dans le cas de pratiques sylvicoles intensives introduisant la monoculture, les rotations courtes, les coupes à blanc ou l'intervention récurrente de gros matériels forestiers (débusqueurs, charres, abatteuses-ébrancheuses...), la préservation des populations de fourmis rouges des bois est largement compromise [6].

L'altération et la fragmentation des habitats sont d'autant plus alarmantes qu'elles interviennent dans un contexte défavorable en Bretagne. En effet, les populations bretonnes sont particulièrement vulnérables car situées en limite d'aire de répartition. Elles subissent certainement « l'effet péninsule » (Simpson, 1964 ; MacArthur et Wilson, 1967) ce qui accroît l'isolement des populations à l'échelle régionale.

Les ruptures de continuités écologiques provoquées par les activités humaines (urbanisation, infrastructures routières, monoculture, sylviculture intensive...) sont un facteur majeur de régression des fourmis rouges des bois (Lemprière *et al.*, 2002 ; Freitag, 2008 ; Cherix *et al.*, 2012). En Bretagne, ce phénomène a pour conséquence la dispersion des populations entre différents massifs boisés. Parfois ces boisements se retrouvent enclavés dans des matrices urbaines très denses autour des grandes métropoles. La dégradation de l'éco-complexe bocager réduit la perméabilité du pay-

sage et participe de ce fait à l'isolement des populations. Dans ces conditions de fragmentation spatiale et d'isolement, la survie de ces dernières est incertaine.

La fragmentation des habitats affecte notamment le potentiel de colonisation du milieu. En effet, la capacité de dispersion par bouturage des colonies est estimée à un maximum de 200 m (Rosengren et Pamilo, 1983) ce qui est très limité. Le succès de la fondation de colonies nouvelles dépend donc fortement de la présence d'habitats disponibles à proximité directe du nid émetteur. Dans le cas d'une dispersion par essaimage typique des colonies monogynes, les reines fécondées sont dépendantes d'une phase de parasitisme social. Dans ce cas-ci, le succès de la fondation d'une nouvelle colonie est à la fois tributaire de la disponibilité en habitat et de la densité de colonies d'espèces hôtes (sous-genre *Serviformica*).

Par ailleurs, la fréquentation des espaces forestiers par le public peut aussi conduire à la disparition de populations. Le vandalisme (dépôt de branches ou autres objets sur les dômes et écrêtage), ainsi que le piétinement aux abords des fourmilières fragilisent les colonies (Nageleisen, 1999).



C. Gouraud, 2018

[6] Colonie polydôme de *Formica polyctena* dans une parcelle coupée à blanc à Bonnœuvre (Loire-Atlantique).

Pollution et pesticides

La bioaccumulation de métaux lourds et autres substances peut avoir des impacts sur les capacités immunitaires et reproductives des fourmis rousses des bois (Eeva *et al.*, 2004 ; Sorvari *et al.*, 2007).

Changements climatiques

Les changements de température et les modifications des régimes de précipitations induisent un stress chez les fourmis rousses des bois.

L'augmentation des précipitations hivernales peut avoir un impact sur l'hygrométrie des nids et leur état sanitaire (développement de pathogènes, de moisissures...). Le raccourcissement et l'adoucissement des hivers perturbent la phénologie des colonies, notamment en désynchronisant la reprise d'activité des ouvrières avec la disponibilité alimentaire offerte par le milieu (présence de proies, de pucerons).

Parallèlement, les changements climatiques provoquent l'accroissement des facteurs de perturbations d'ordre naturels tels que la fréquence des tempêtes ou des feux de forêt, mais aussi le développement d'organismes pathogènes néfastes à la survie des colonies.

Connaître, suivre et protéger

Cependant, des solutions existent pour répondre à l'objectif de préservation des fourmis rousses des bois. Outre l'absence d'un cadre réglementaire strict, la méconnaissance de ce taxon est un enjeu primordial. Contrairement aux travaux menés dans certains pays comme la Suisse (Wermelinger *et al.*, 2018), l'absence d'inventaires rigoureux est directement préjudiciable à la préservation des fourmis rousses des bois. En effet, l'insuffisance des données historiques concernant la répartition et l'abondance de ce taxon ne permet pas d'élaborer de diagnostic précis et global de l'état de conservation des populations.

Le premier enjeu est donc de mettre en place des outils de connaissance et d'en centraliser les données à des fins de suivi sur le long terme. Une enquête nationale coordonnée par les associations naturalistes, le Muséum National d'Histoire Naturelle, l'Office Français pour la Biodi-

versité, l'Office National des Forêts et le Centre National de la Propriété Forestière pourrait être envisagée. L'inventaire forestier national conduit annuellement par l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière pourrait également être un véritable contributeur.

L'identification de sites clés permettrait de faire émerger un réseau de veille environnementale basée sur le suivi temporel des populations. Il existe un certain nombre d'outils disponibles pour les sylviculteurs et les gestionnaires d'espaces naturels permettant l'étude sur le long terme de populations (Torossian 1979a, Torossian 1979b ; Lempérière *et al.*, 2002 ; Marage *et al.*, 2017).

La définition de statuts de conservation des fourmis rousses des bois est une nécessité. Selon le contexte biogéographique, cela se traduit par leur inscription en listes d'espèces déterminantes pour les ZNIEFF (zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique) et l'émergence de listes rouges régionales et nationale.

L'élaboration d'un plan national visant à la conservation des fourmis rousses des bois est un outil incontournable pour centraliser, structurer et diffuser la connaissance, les ressources didactiques et pour fonder la base d'une stratégie globale de préservation sur le long terme. ■

Bibliographie

CARDOSO P., BARTON P., BIRKHOFFER K., CHICHORRO F., DEACON C., FARTMANN T., FUKUSHIMA C., GAIGHER R., HABEL J., HALLMANN C., HILL M., HOCHKIRCH A., KWAK M., MAMMOLA S., NORIEGA J., ORFINGER A., PEDRAZA F., PRYKE J., ROQUE F., SETTELE J., SIMAIKA J., STORK N., SUHLING F., VORSTER C. & SAMWAYS M., 2020 – Scientists warning to humanity on insect extinctions. *Biological Conservation* 242 :108426. DOI : 10.1016/j.biocon.2020.108426.

CASEVITZ-WEULERSSE J., 1979 – Fondations indépendantes des colonies et parasitisme social chez les Fourmis [Hym.]. *Bulletin de la Société entomologique de France*, volume 84 (7-8), Septembre-octobre 1979, pp. 218-232.

CHERIX D., BERNASCONI C., MAEDER A. & FREITAG A., 2012 – Fourmis des bois en Suisse : état de la situation et perspectives de monitoring. *Schweiz Z Forstwes* 163 (2012) 6, pp. 232-239.

- COSTA-NETO E.M., 2005 – Entomotherapy, or the Medicinal Use of Insects, *Journal of Ethnobiology* 25(1), pp. 93-114.
- DEKONINCK W., HENDRICKX F., GROO-TAERT P. & MAELFAIT F.P., 2010 – Present conservation status of red wood ants in northwestern Belgium: worse than previously, but not a lost cause. *Eur. J. Entomol* 107, pp. 209-218.
- DEKONINCK W., MAEBE K., BREYNE P. & HENDRICKX F., 2014 – Strong genetic structuring in *Formica rufa* Polygyny and strong genetic structuring within an isolated population of the wood ant *Formica rufa*. *Journal of Hymenoptera Research* : 41, pp. 95-111. 10.3897/JHR.41.8191.
- DELABIE J.H.C., BENTON F.P. & DE MEIDERS M.A., 1991 – La polydomie chez les *Formicidae* arboricoles dans les cacaoyères du Brésil : optimisation de l'occupation de l'espace ou stratégie défensive ? *Actes Coll. Insectes sociaux*, 7, pp. 173-178.
- DLUSSKIJ G. M., 1967 – *Muravji roda Formica*. Moscow : Nauka.
- DOMISCH T., OHASHI M., FINÉR L., RISCH A., SUNDSTRÖM L. & NIEMELÄ P., 2008 – Decomposition of organic matter and nutrient mineralisation in wood ant (*Formica rufa* group) mounds in boreal coniferous forests of different age. *Biology and Fertility of Soils*. 44, pp. 539-545. 10.1007/s00374-007-0248-0.
- ELLIS S. & ROBINSON E. J. H., 2014 – Polydomy in red wood ants. *Insectes Sociaux* 61, pp. 111-122.
- EEVA T., SORVARI J. & KOIVUNEN V., 2004 – Effects of heavy metal pollution on red wood ant (*Formica s. str.*) populations. *Environmental pollution*. Dec;132(3) :533-9. Doi : 10.1016/j.envpol.2004.05.004. PMID : 15325469.
- FINÉR L., JURGENSEN M.F., DOMISCH T., KILPELÄINEN J., NEUVONEN S., PUNTTILA P., RISCH A.C., OHASHI M. & NIEMELÄ P., 2013 – The role of wood ants (*Formica rufa* group) in carbon and nutrient dynamics of a boreal Norway spruce forest ecosystem. *Ecosystems* 16, pp. 196-208.
- FREITAG A., 2008 – Les fourmis des bois (*Hymenoptera, Formicidae*) sont-elles en régression en Suisse ? Le point sur nos connaissances et réflexions pour des études futures. *Entomol Helvetica* 1, pp. 33-41.
- FROUZ J., KALČÍK J. & CUDLÍN P., 2005 – Accumulation of phosphorus in nests of Red Wood Ants *Formica s. str.* *Ann. Zool. Fennici* 42, pp. 269-275.
- FROUZ J. & JÍLKOVÁ V., 2008 – The effect of ants on soil properties and processes (*Hymenoptera : Formicidae*). *Myrmecological News* 11, pp. 191-199.
- FROUZ J., JÍLKOVÁ V. & SORVARI J., 2016 – Contribution of wood ants to nutrient cycling and ecosystem function *In* STOCKAN J.A., ROBINSON E.J.H., Eds. 2016 - *Wood Ant Ecology & Conservation*. 1st Edition : Cambridge University Press, pp. 207-220.
- GORB S.N. & GORB E.V., 1999 – Dropping rates of elaiosome-bearing seeds during transport by ants (*Formica polyctena* Förster, 1850) : Implications for distance dispersal. *Acta Oecol* 20, pp. 509-518.
- GÖSSWALD K., 1951 – *Die Rote Waldameise im Dienste der Waldhygiene*. Metta KinauVerlag Lüneburg, 160 p.
- GÖSSWALD K., 1990 – *Die Waldameise. Band 2. Die Waldameise im Ökosystem Wald, ihr Nutzen und ihre Hege*. Aula-Verlag Wiesbaden, 510 p.
- HAEMIG P.D., 1992 – Competition between ants and birds in a Swedish forest. *Oikos* 65, pp. 479-483.
- HALLMANN C.A., SORG M., JONGEJANS E., SIEPEL H., HOFLAND N., SCHWAN H., STENMANS W., MÜLLER A., SUMSER H., HÖRREN T., GOULSON D. & DE KROON H., 2017 – More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* 12 (10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>.
- HALLMANN C.A., ZEEGERS T., VAN KLINK R., VERMEULEN R., VAN WIELINK P., SPIJKERS H., VAN DEIK J., VAN STENNIS W. & JONGEJANS E., 2020 – Declining abundance of beetles, moths and caddisflies in the Netherlands. *Insect Conserv. Diver.* <https://doi.org/10.1111/icad.12377>.
- HEINKEN T., ROHNER M.S. & HOPPERT M., 2007 – Red wood ants (*Formica rufa* group) disperse bryophyte and lichen fragments on a local scale. *Nova Hedwigia* Suppl 131, pp. 147-163.
- HÖLLDOBLER B. & WILSON E.O., 1990 – *The Ants*. Cambridge, Mass. Harvard University Press, 746 p.
- HORSTMANN K., 1974 – Untersuchungen über den Nahrungserwerb der Waldameisen (*Formica polyctena* Foerster) im Eichwald III. Jahresbilanz. *Oecologia* 15, pp. 187-204.
- HORSTMANN K., 1977 – Waldameisen (*Formica polyctena* Foerster) als Abundanzfaktoren für den Massenwechsel des Eichenwicklers *Tortrix viridana* L. *Z. Ang. Entomol.* 82, pp. 421-435.
- JONES C.G., LAWTON J.H. & SCHACHAK M., 1994 – Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*. 69, pp. 373-386. DOI : 10.2307/3545850.
- JURGENSEN M.F., FINÉR L., DOMISCH T., KILPELÄINEN J., PUNTTILA P., OHASHI M., NIEMELÄ P., SUNDSTRÖM L., NEUVONEN S. & RISCH A.C., 2008 – Organic mound-building ants : their impact on soil properties in temperate and boreal forests. *Journal of Applied Entomology* 132, pp. 266-275.
- KILPELÄINEN J., 2008 – Wood ants (*Formica rufa* group) in managed boreal forests : impli-

cations for soil properties and tree growth. *Dissertationes Forestales* 66. 33 p. Available at www.metla.fi/dissertationes/df66.htm.

LEMPÉRIERE G., BOURBON G., BURAY A. & FRANCHINI S., 2002 – Étude des populations de fourmis rouges dans cinq sites du bassin de Gap-Chaudun (Hautes-Alpes). *Revue Forestière Française* [Rev. For. Fr.], Vol. 54, N° 5, pp. 419-428.

LENOIR L., PERSSON T. & BENGTSSON J., 2001 – Wood ant nests as potential hot spots for carbon and nitrogen mineralisation. *Biol. Fertil. Soils* 34, pp. 235-240.

MABELIS A.A., 1984 – Interference between wood ants and other ant species (*Hymenoptera, Formicidae*). *Neth. J. Zool.* 34, pp. 1-20.

MABELIS A.A. & KORCZYŃSKA J., 2016 – Long-term impact of agriculture on the survival of wood ants of the *Formica rufa* group (*Formicidae*). *Journal of Insect Conservation*. 10.1007/s10841-016-9893-7.

MACARTHUR R. H. & WILSON E. O., 1967 – *The theory of island biogeography*. Princeton University Press (reprinted, 2001), Princeton, N.J. 203 p.

MAEDER A., CHERIX D., BERNASCONI C., FREITAG A. & ELLIS S., 2016 – Wood ant reproductive biology and social systems. In STOCKAN J.A., ROBINSON E.J.H., Eds. 2016 - *Wood Ant Ecology & Conservation*. 1st Edition : Cambridge University Press, pp. 37-50.

MARAGE D., LEMPÉRIERE G. & VOREUX C., 2017 – Trente ans plus tard... les fourmis rouges des bois, toujours un bon indicateur de l'état de conservation des forêts de montagne ? *Revue Forestière Française* [Rev. For. Fr.], Vol. 69, N° 2, pp. 111-120.

NAGELEISEN L.-M., 1999 – Étude de la densité et du rôle bioindicateur des fourmis rouges dans les forêts du Nord-Est. *Revue forestière française*, vol. LI, N° 4, pp. 487-495.

NKEM J., LOBRY DE BRUYN L., GRANT C.D. & HULUGALLE N.R., 2000 – The impact of ant bioturbation activities on surrounding soil properties. *Pedobiologia*. 44, pp. 609-621. 10.1078/S0031-4056(04)70075-X.

OHASHI M., KILPELÄINEN J., FINÉR L., RISCH A.C., DOMISCH T., NEUVONEN S. & NIEMELÄ P., 2007 – The effect of red wood ant (*Formica rufa* group) mounds on root biomass, density, and nutrient concentrations in boreal managed forests. *J. For. Res.* 12, pp. 113-119.

OTTO, D., 1967 – Bedeutung der Formica-Völker für die Dezimierung der wichtigsten Schadinsekten. Ein Literaturbericht. *Waldhygiene* 7, pp. 65-90.

PAINE R. T., 1966 – Food web complexity and species diversity. *American Naturalist* 100, pp. 65-75.

PARKER J., 2016 – Myrmecophily in beetles (*Coleoptera*) : evolutionary patterns and bio-

logical mechanisms. *Myrmecol. News* 22, pp. 65-108 (online 11 January 2016).

PAVAN M., 1950 – Sugli inizi d'un esperimento pratico di lotta biologica con *Formica rufa* L. contro la processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Sch.). *Atti soc. Ital. Sci. nat.* 89, pp. 195-201.

PAVAN M., 1976 – Utilisation des fourmis du groupe *Formica rufa* pour la défense biologique des forêts. *Collana Verde* 39, pp. 417-442.

PUNTTILA P., NIEMELÄ P. & KARHU K., 2004 – The impact of wood ants (*Hymenoptera: Formicidae*) on the structure of invertebrate community on mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii*). *Ann. Zool. Fennici*, pp. 429-446.

RAMADE F., 2002 – *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. Dunod. (2^e édition). Paris. 1075 p.

RISCH A.C., ELLIS S. & WISWELL H., 2016 – Where and Why? Red Wood Ant population ecology. In STOCKAN J.A., ROBINSON E.J.H., Eds. 2016 - *Wood Ant Ecology & Conservation*. 1st Edition : Cambridge University Press, pp. 81-105.

ROBINSON N.A. & ROBINSON J.H., 2013 – Myrmecophiles and other invertebrate nest associates of the Red Wood Ant *Formica rufa* (*Hymenoptera : Formicidae*) in North-West England. *Br. J. Ent. Nat. Hist.*, 26, 2013.

ROBINSON E., STOCKAN J.A. & IASON G. R., 2016 – Wood ants and their interaction with other organisms. In STOCKAN J.A., ROBINSON E.J.H., Eds. 2016 - *Wood Ant Ecology & Conservation*. 1st Edition : Cambridge University Press, pp. 177-206.

ROLSTAD J., LØKEN B. & ROLSTAD E., 2000 – Habitat selection as a hierarchical spatial process : the green woodpecker at the northern edge of its distribution range. *Oecologia* 124, pp. 116-129.

ROSENGREN R. & PAMILO P., 1983 – The evolution of polygyny and polydomy in mound building *Formica* ants. *Acta Entomol. Fenn.* 42, pp. 65-77.

SÁNCHEZ-BAYO F. & WYCKHUYS K., 2019 – Worldwide decline of the entomofauna : A review of its drivers. *Biological Conservation*. 232. 10.1016/j.biocon.2019.01.020.

SEIFERT B., 1991 – The phenotypes of the *Formica rufa* complex in East Germany. *Abh Ber Naturkundemus Görlitz* 65 1, pp. 1-27.

SEIFERT B., KULMUNI J. & PAMILO P., 2010 – Independent hybrid populations of *Formica polyctena X rufa* wood ants (*Hymenoptera : Formicidae*) abound under conditions of forest fragmentation. *Evolutionary Ecology*, pp. 1219-1237. <http://dx.doi.org/10.1007/s10682-010-9371-8>

SIMPSON, G. G., 1964 – Species densities of North American recent mammals. *Syst. Zoo.* 13, pp. 57-73.

SOCIAL INSECTS SPECIALIST GROUP. 1996a – *Formica polyctena*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 1996: e.T8644A12924699. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T8644A12924699.en>. Consulté le 11 novembre 2020.

SOCIAL INSECTS SPECIALIST GROUP. 1996b – *Formica rufa*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 1996: e.T8645A12924924. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T8645A12924924.en>. Consulté le 11 novembre 2020.

SORVARI J., RANTALA L. M., RANTALA J. M., HAKKARAINEN H. & EEVA T., 2007 – Heavy metal pollution disturbs immune response in wild ant populations. *Environmental pollution* (Barking, Essex: 1987). 145. 324 - 8. [10.1016/J.ENVPOL.2006.03.004](https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2006.03.004).

SORVARI J. 2016 – Threats, conservation and Management. In STOCKAN J.A., ROBINSON E.J.H., Eds. 2016 - *Wood Ant Ecology & Conservation*. 1st Edition: Cambridge University Press, pp. 264-286.

TOROSSIEN C., 1977 – Les fourmis rousses des bois (*Formica rufa*), indicateur biologique de dégradation des forêts de montagnes des Pyrénées orientales. *Bull. Ecol.*, 8, pp. 333-348.

TOROSSIEN C., 1979a. – Méthode d'étude quantitative des fourmis du groupe *Formica rufa*. *Bull. SROP*, II-3, pp. 215-240.

TOROSSIEN C. 1979b. – Étude des espèces du groupe *Formica rufa* des Pyrénées catalanes françaises. *Bull. SROP*, II-3, pp. 241-262.

WARDLE D., HYODO F., BARDGETT R., YEATES G. & NILSSON M.-C. 2011 – Long-term aboveground and belowground consequences of red wood ant exclusion in boreal forest. *Ecology* 92, pp. 645-656.

WERMELINGER B., RISCH A., DÜGGELIN C. & VANDEGEHUCHTE M.L., 2018 – Premier recensement de fourmis à l'échelle nationale. *Forêt* 71, 1, pp. 11-13.

WERMELINGER B., DÜGGELIN C., FREITAG A., FITZPATRICK B. & RISCH A.C., 2019 – Les fourmis des bois – biologie et répartition en Suisse. *Not. prat.* 63, 12 p.

ZINGG S., DOLLE P., VOORDOUW M. J. & KERN M., 2018 – The negative effect of wood ant presence on tick abundance. *Parasites & Vectors*. 11:9. doi:10.1186/s13071-018-2712-0

Les illustrations non référencées sont de l'auteur.

Clément GOURAUD étudie les hyménoptères *Formicidae* depuis 2012 et coordonne un inventaire armoricain et un atlas en Loire-Atlantique.



O. Ganne

Une fourmilière de la forêt du Cellier (Loire-Atlantique).