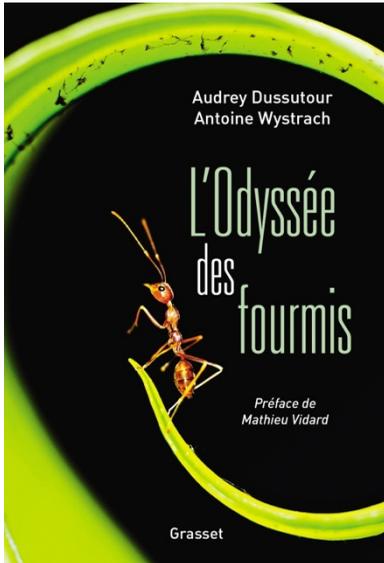


« L'ODYSSÉE DES FOURMIS » D'AUDREY DUSSUTOUR ET ANTOINE WYSTRACH

Résumé du livre par Nicolas JOHNSON



Comment ces minuscules fourmis, dont il existe plus de 13 000 espèces, s'en sortent-elles pour survivre dans des milieux hostiles, remplis de prédateurs souvent beaucoup plus gros qu'elles et dans des conditions climatiques souvent difficiles ? C'est une plongée fascinante dans cet univers incroyable que proposent les deux auteurs myrmécologues renommés, Audrey Dussoutour et Antoine Wystrach.

Après avoir brièvement présenté les héroïnes de cette épopée, les différents stades de développement de la fourmi (œuf, larve, nymphe, fourmi), les infrastructures complexes parfois développées par elles, et leurs rôles dans la colonie, la structure et le fonctionnement complexe du cerveau de ces

fourmis, pas plus gros qu'une tête d'épingle, sont analysés (via des connexions neurales plastiques et adaptatives à l'environnement et aux événements).

L'ensemble du livre est dédié à l'analyse du comportement des fourrageuses, qui ne représentent que 10 % des fourmis, c'est-à-dire celles qui sortent du nid de la colonie pour aller chercher de la nourriture et éventuellement le protéger des prédateurs.

La première épreuve pour ces minuscules animaux est de s'orienter et se repérer. La palme en la matière revient à *Gigantiops destructor* avec ses yeux à 4000 facettes qui l'aident à se repérer très efficacement dans la jungle guyanaise et à revenir rapidement au nid, une fois sa proie capturée.

Les fourmis bouledogue ou taureau australiennes effectuent une chorégraphie avec plusieurs danses entrecoupées de quelques micro pauses, sur quelques jours, à leur première sortie du nid, ce qui leur permet d'exposer l'ensemble de leurs facettes hexagonales appelées ommatidies à l'environnement autour du nid et de mémoriser l'apparence du panorama. Par ailleurs, les capacités oculaires de la fourmi sont très différentes de celles de l'homme : acuité visuelle très basse (équivalente à 0,4/10 chez l'homme), champ visuel très large (le double du notre, recouvrant une sphère quasi complète), permettant de traiter

leur environnement globalement, récepteurs visuels très sensibles au vert et au rayonnement ultraviolet mais insensibles au rouge. Ceci permet à cette espèce qui part chasser en solitaire et qui est très agressive, de repérer rapidement ses proies et de revenir au nid sans problème chargée de son butin.

D'autres espèces de fourmis, telles la fourmi aiguille asiatique, expérimentent des chasses avec transport en tandem (sur le dos !) d'une fourmi par sa sœur « scout », ou course en tandem par le *Telmithorax albipennis*, la suiveuse, qui ne connaît pas le chemin, tapotant régulièrement des antennes le derrière du leader tout en repérant progressivement la route. Cette stratégie initialement coûteuse car faisant perdre du temps au leader, est bénéfique pour la colonie car la suiveuse deviendra leader à son tour et pourra ramener de la nourriture avec une autre suiveuse.

Les fourmis charpentières ont recours au recrutement de groupe, en déposant des substances chimiques auprès de la nourriture puis une piste de phéromones jusqu'au nid, et en effectuant une danse pour motiver leurs congénères à venir les aider. Toujours avec humour, les auteurs nous indiquent donc « qu'en combinant signalisation de la route et tango..., c'est donc toute votre famille que vous amenez au supermarché pour vous aider à faire les courses. » !

Le recrutement de masse est effectué par la fourmi pharaon, espèce colonisant notamment des gros bâtiments. Quand une exploratrice trouve une source de nourriture, elle regagne la colonie en laissant derrière elle une piste chimique (avec son derrière !), avec une odeur enivrante permettant aux fourrageuses de sortir en grand nombre, puis elles-mêmes, de renforcer la piste, créant de véritables autoroutes entre la fourmilière et la nourriture, par un effet boule de neige.

Enfin, les fourmis tortue du Panama parasitent les pistes tracées par la fourmi arboricole *Azteca trigona*. Grâce à leur tête en forme de bouclier et leur armure extérieure, elles chapardent une partie du butin, stratégie néanmoins risquée car les *Azteca* ont deux types de balisage chimique, l'un pour la nourriture, l'autre pour prévenir les ennemis, balisages que les fourmis tortue ne savent pas différencier, se jetant parfois dans la gueule du loup.

Le deuxième défi stratégique consiste à trouver de la nourriture. L'exemple des *Cataglyphis* est édifiant, ces fourmis résidant dans le désert avec une densité de nourriture extrêmement faible. Grâce à des recherches sophistiquées, les auteurs ont pu conclure que ces fourmis utilisent l'odeur des cadavres d'insectes, grâce à leurs antennes équipées de sensilles olfactives (avec jusqu'à 250 types de récepteurs différents, chacun pour une odeur spécifique), et en se dirigeant toujours selon une direction perpendiculaire à celle du vent, optimisant la probabilité de capter les effluves cadavériques.

Les fourmis faucille d'Asie du Sud-est combinent plusieurs types de saut (avec des fonctions spécifiques), bénéficiant de grandes mandibules et d'une vision exceptionnelle (avec de gros arguments pour une vision stéréoscopique binoculaire), pour attraper des proies rapides et agiles, inaccessibles à d'autres fourmis, par exemple une fourmi en plein vol.

Les fourmis *Dorylus* africaines sont totalement aveugles, mais avec une armure redoutable, et envoient quotidiennement des raids armés à la recherche de nourriture, et cela grâce à une forme avancée de collaboration. Les fourmis qui sont devant progressent de manière erratique sur de courtes distances, puis se fondent dans la masse et laissent la place à de nouvelles fourrageuses. Les fourmis soldats se mettent sur les flancs de la colonne avec les guerrières à leur sommet, créant de véritables chenaux ou magma, parcourant la savane, et dévorant tout animal croisant leur chemin.

Les *Ectatomma* pratiquent l'embuscade devant des nids d'*Halictes* (petites abeilles), chassant en solitaire avec de nombreux comportements adaptatifs et opportunistes en fonction des situations.

Les *Azteca andreae* forment une relation fusionnelle avec l'arbre trompette (*Brugmansia*), leur assurant le gîte (elles nichent dans les cavités de l'arbre) et le couvert grâce aux signaux de détresse émis par l'arbre sur les feuilles fraîchement rongées, indiquant la présence d'un prédateur. Par ailleurs, les fourmis se nourrissent du trichilium à la base de chaque feuille, riche en graisse. Elles se mettent également en embuscade sur la partie inférieure de la feuille (grâce à des crochets type velcro), et, alertées par les vibrations d'une proie parfois 7000 fois leur propre poids, la saisissent et la font basculer dans le vide pendant que leurs congénères la découpent, ce qui à l'échelle humaine représenterait le fait de tenir à bout de bras 3 baleines bleues !

La fourmi tortionnaire d'Amérique du Sud construit une galerie dans une plante, dans laquelle elle se positionne, cachée et à l'affût pour attirer sa proie, en l'écartelant, en la piquant et en la découpant.

Une fois la nourriture trouvée, l'exploitation de la nourriture représente **une troisième épreuve**.

Les fourmis moissonneuses de Floride vont chercher les graines qu'elles mettent dans leur grenier, mangeant d'emblée les petites graines et stockant les grosses jusqu'à ce qu'elles germent.

Aphaenogaster rudis, Nord-Américaine, ne récolte que les graines garnies d'une protubérance charnue riche en sucre, protéines et matières grasses, appelée élaïosome, puis dépose la graine plus loin sur le sol de la forêt ce qui va lui permettre de germer et de maintenir une abondance de fleurs sauvages significative.

Philidris nagasau aux Fidji, plante et récolte des graines de *Squamellaria* qui se développent sur les arbres, et qui leur offrent le gîte ainsi que le couvert grâce à des friandises sucrées produites par des nectaires floraux, assurant en retour le développement de cette plante en plantant des graines sur les endroits ensoleillés de l'arbre.

Les *Atta* tropicales ou fourmis coupeuses de feuilles aux mandibules acérées comme des rasoirs, cultivent un champignon lépiote grâce à leurs jardinières spécialisées, et dont elles tirent des excroissances nutritives appelées gongylidia. C'est grâce à des règles d'hygiène exceptionnelles et à des bactéries commensales qu'elles arrivent à éviter les contaminations bactériennes ou par d'autres champignons et à endiguer ces épidémies grâce à des chambres dépotoir où elles déversent les aliments contaminés et les parasites. L'apprentissage et la coordination leur permettent d'empêcher l'entrée des contaminants via les fourragères.

Les *Pseudomyrmex ferrugineus* d'Amérique centrale vivent sur des acacias corne de bœuf qui leur offrent de la nourriture sous forme d'excroissances appelées corps beltiens, riches en protéines et lipides, des nectaires (riches en sucres type glucose et fructose) sur les pétioles menant aux feuilles, moyennant quoi les fourmis protègent l'acacia contre les herbivores, contre les infections à *Pseudomonas syringae*, en disséminant des antibiotiques présents sur leurs pattes, et en entretenant les alentours grâce au jardinage. Processus apparaissant comme une symbiose, même si en réalité les fourmis sont dépendantes de l'arbre dont le nectar de l'acacia contient une enzyme qui inhibe la digestion du saccharose.

Les fourmis de type *Camponotus* vivent également en harmonie avec les *Nepenthes*, qu'elles protègent du charançon et d'une éventuelle indigestion par de grosses proies tombées dans la cruche de la plante, retirant en échange la possibilité de manger toutes les petites proies qui tombent sur les parois glissantes de la cruche et dans le liquide acide, au fond de celle-ci.

Les fourmis noires des jardins (*Lasius niger*) ingurgitent le miellat des pucerons (excès de sucres ingérés et évacués par ceux-ci) et protègent donc ces insectes, au grand dam de vos rosiers, mais en prévenant certaines maladies des plantes telles que la fumagine (champignon noir).

Les fourmis charpentières du Mexique protègent les chenilles *Anatole rossi*, guidées par une phéromone très attirante. La nuit, pendant que celles-ci dévorent des euphorbiacées, les fourmis sirotent ensuite le miellat secrété à l'extrémité des tentacules des chenilles. La journée, les chenilles sont mises bien à l'abri au sein d'un terrier creusé dans le sol, en compagnie des fourmis, ce qui protège la chenille du froid, des prédateurs et des éventuels incendies.

Comment transporter la nourriture une fois que celle-ci est collectée ? Ceci représente **la quatrième épreuve**.

L'espèce *Formica lugubris* européenne arrive à soulever des proies de 6 à 8 fois leur poids ; au-delà, elle agrippe l'objet avec ses mandibules et la tire en arrière, parvenant à tirer quarante fois leur propre poids, ce qui reviendrait pour nous à tirer l'équivalent de cinq dromadaires. En réalité, l'effet d'échelle et le fait que les fourmis vivent dans un monde miniature fait que les lois de la physique ne s'expriment pas de la même manière.

Le transport des proies varie selon les espèces et leur degré de coordination.

Les fourmis folles font appel à des capitaines transitoires qui prennent du recul et regardent la direction prise par ses congénères transportant la proie en rectifiant la trajectoire si besoin, avec changement de capitaine toutes les vingt secondes. La fourmi des bois américaine adopte un rôle de capitaine plus stable. Les fourmis maraudeuses sont les championnes en transport collectif, grâce à certaines ouvrières appelées soldats, beaucoup plus lourdes que leurs congénères. Lors de la levée et du transport de la proie chaque maraudeuse accomplit une tâche légèrement différente : celles qui sont à l'arrière marchent vers l'avant, celles qui sont devant marchent en arrière et celles sur le côté marchent en crabe.

Les *Tsapi* du Cameroun préfèrent découper leur proie en petits morceaux sur place (après l'avoir immobilisée et empoisonnée) avant de pouvoir plus facilement la transporter vers le nid.

Les *Atta* coupeuses de feuille, dont la source de nourriture est parfois éloignée du nid, ramènent leurs feuilles grâce à des systèmes de relais direct ou de « point relais » entre fourmis.

Pour le transport de liquide, les fourmis utilisent leur jabot social pour échanger du miellat grâce à la « trophallaxie » (baiser nourricier) sollicitée par ses congénères, grâce à un contact antennaire, chez la fourmi noire des bois par exemple.

Les fourmis dont les plaques abdominales sont soudées entre elles, l'estomac ne pouvant pas se dilater, utilisent la technique du seau social. Une bulle de liquide sucrée (jusqu'à 20% du poids de leur corps), formée grâce à ses mandibules, est rapportée au nid et généreusement offerte aux consœurs affamées (sauf certaines égoïstes, comme chez les hommes, qui prennent tout pour elle et ne rapportent rien à la collectivité !).

D'autres (fourmis rouges granivores de Floride) utilisent des outils tels que du sable pour enrouler de la nourriture liquide, ou des morceaux de feuilles ou brindilles plongées dans la nourriture, jouant le rôle d'éponge en vue du transport vers le nid. Ces outils seront adaptés en fonction de leur manœuvrabilité et leur capacité d'absorption, ce qui démontre la capacité d'adaptation des fourmis.

L'adaptation à l'environnement représente **le cinquième défi**, parfois extrême.

Les *Cataglyphis* vivent dans le désert avec la capacité de résister à des chaleurs extrêmes (grâce à des poils ondulés réfléchissant le soleil et servant à la respiration) amenant leur température corporelle à plus de 53° sans effet délétère, ceci grâce à la synthèse de protéines de choc thermique. Par ailleurs leurs courses ultrarapides et en suspension dans l'air évitent la brûlure trop rapide (bien qu'inéluctable à terme) de leurs pattes.

Grâce à plusieurs expériences, les auteurs ont démontré que les fourmis citernes australiennes sont capables de mémoriser la direction du vent lors d'une bourrasque (indépendamment des repères célestes), afin de se repérer lorsqu'elles veulent réintégrer leur nid, grâce à des récepteurs situés à la base de leurs antennes.

Certaines espèces de fourmis, de type *Polyrachis*, savent nager (brièvement, et tout en cherchant l'arbre le plus proche sur lequel se réfugier !), ce qui n'est pas le cas d'autres espèces, cette aptitude ayant évolué chez un ancêtre commun, puis a été héritée par toutes les espèces descendant de cet ancêtre.

La fourmi de feu a une technique très spéciale pour flotter, grâce à l'élaboration rapide d'un radeau sophistiqué et résistant dont les larves assurent la structure de base, faisant office de flotteur grâce à leurs poils qui capturent des bulles d'air, puis les fourmis hydrophobes s'y agrègent, en piégeant de l'air autour de leur corps (via leurs spiracles, orifices de respiration) pour améliorer la flottaison. Les nourrices, avec les œufs et les larves, sont placées en haut du radeau, bien au sec.

Les fourmis légionnaires construisent des bivouacs temporaires en utilisant leur propre corps comme matériel de construction, la reine, les larves et les œufs étant bien à l'abri, au centre de la structure. Mais pendant leur phase nomade, elles alternent chasse le jour et déménagement la nuit. Les déplacements sont facilités sur terrain accidenté par des signaux chimiques et des ponts ambulants (jusqu'à 12x5 cm), coupant des virages ou même deux portions de route séparées par un précipice, ponts formés par leurs propres corps (un ou plusieurs individus), chacun reprenant sa route dès qu'on ne lui marche plus dessus.

Les *Atta* construisent des autoroutes pérennes qu'elles déblayent. Les *Myrmecaria opaciventris* creusent leurs autoroutes, interconnectant leurs différents nids, leur évitant de s'égarer, et les protégeant du soleil et des prédateurs.

Comment s'épargner des efforts inutiles et profiter des autres ? Telle est **la sixième épreuve** ! C'est le lot des fourmis chapardeuses telles que les fourmis pot de miel qui agressent leurs congénères granivores, *Pogomyrmex maricopa*,

lors de leur retour au nid, si elles transportent de la nourriture, et bien que celles-ci possèdent le venin d'insecte le plus toxique au monde.

La fourmi shamponing va jusqu'à vivre dans le nid de ses victimes *Myrmica incompleta* qui fait néanmoins 5 fois sa taille, en diffusant un parfum d'apaisement et en lui léchant la tête, en la caressant de ses antennes, celle-ci régurgitant la nourriture stockée dans son jabot social, qui est avalée par le parasite ! Elles vont jusqu'à quémander les repas directement auprès des larves de leurs hôtes.

Les fourmis esclavagistes, *Formica sanguinea*, capturent des esclaves de leurs proches parents *Formica fusca*, les introduisant dans leur nid en transportant leurs victimes jusqu'à leur propre fourmilière notamment les jeunes fourmis (après avoir assassiné la reine résidente) élevées par la nouvelle maîtresse.

D'autres types de fourmis esclavagistes pulvérisent un poison pour manipuler leurs adversaires.

Certaines fourmis sont même incapables de survie sans les esclaves, la fourmi amazone, en particulier. La reine va infiltrer un nid déjà occupé par une autre colonie du genre *Formica*, assassiner la reine et usurper le trône en prenant son odeur corporelle, puis pondre des œufs. Les fourmis esclavagistes après métamorphose excrètent un liquide attractif et apaisant pour les esclaves afin d'éviter de se faire repérer. Puis elles mènent des raids grâce à une phéromone de propagande, kidnappant les larves qui viendront enrichir les rangs des esclaves. D'autres espèces de fourmis, par différents stratagèmes, introduisent leur reine dans une colonie adverse puis kidnappent les jeunes larves et tuent les adultes.

Les fourmis *Ninja*, grâce à un masque chimique, s'introduisent dans des nids adverses en kidnappant les larves, les œufs et parfois même des adultes avant de repartir sans effusion de violence.

Dans ces conditions, défendre son territoire représente **la septième épreuve**.

Chez les *Neoponera*, nous avons également un magnifique exemple d'auto-organisation analysé scientifiquement, grâce à des expériences menées par les chercheurs. Le territoire de chasse, en effet, dessine un cercle quasi parfait centré sur le nid, de 20 ou 30 m de rayon, alors même que les fourrageuses partent chasser en solitaire. Celles qui sont dans les territoires périphériques sont celles qui sortent chasser le plus souvent et qui ont souvent les chasses les plus fructueuses, et inversement pour les territoires proches du nid. Il y a un renforcement des territoires riches en nourriture sachant qu'en cas d'absence de nourriture, le territoire va être abandonné. Ceci explique en partie la compétition

intraspécifique et inter ou intra colonie, à savoir une petite compétition locale pour une meilleure organisation générale.

Les fourmis tisserandes logent dans les habitations végétales qu'elles ont construites, reliées entre elles par des branches d'un arbre, sur des grands territoires. Elles possèdent l'un des répertoires chimiques les plus complexes parmi les fourmis, et apprennent à discerner l'odeur de leurs rivales avant même la première expédition, en ramenant des cadavres de leurs ennemis à la fourmilière, ce qui permet de chasser les intrus en cas d'attaque.

Les fourmis à viande sont extrêmement territoriales et patrouillent au bord de leur terrain de chasse. En cas de rencontre avec une autre fourmi, elle engage un contact physique avec tapotage de la tête adverse avec ses antennes. Si c'est une sœur le contact est rompu, sinon le combat virtuel s'engage avec une danse étrange mimant des coups de poings, jusqu'à ce qu'une des fourmis se prosterne en signe de soumission, l'autre mordant l'une des mandibules de l'adversaire et lui secouant la tête pendant quelques secondes avant de poursuivre son chemin.

La protection contre les ennemis représente **le huitième défi**.

Les fourmis tortue peuvent sauter et planer de leurs arbres en cas d'attaque de prédateur, avec une grande vitesse et une grande précision de déplacement aérien, une maîtrise de leur trajectoire par l'inclinaison de leur corps (sous contrôle de leur vue à 360°), évaluée là aussi grâce à des expériences en soufflerie, ceci alors même qu'elles sont dépourvues d'ailes.

Les fourmis mâchoire piège utilisent un mécanisme particulier pour contracter à grande vitesse leur mandibule avec une force de frappe redoutable correspondant à environ cinq cents fois le poids de leur propre corps. La frappe mandibulaire résulte d'une intégration multi sensorielle complexe. Elle permet d'éjecter au loin des assaillants de petite taille ou de les tuer, ou alors de s'auto projeter (en claquant leur mandibule contre une surface dure ou contre le sol) pour échapper à un opposant de grande taille (auto propulsion de type rebond défensif ou saut d'évasion, analysée par caméra à très haute vitesse d'acquisition), belle illustration de la façon dont se réalise l'évolution.

La fourmi de feu pulvérise des insectifuges si des concurrentes approchent trop près leur nourriture. Les fourmis de midi vaporisent proactivement un insectifuge par leur derrière à l'entrée des nids adverses (notamment ceux des fourmis pots de miel), pour les décourager de se joindre à leur festin.

La *Dorymyrmex* jette des cailloux à la face de leurs ennemis, les fourmis pots de miel, après avoir découvert une source de nourriture, pour la sécuriser.

La fourmi moissonneuse mexicaine profite du sommeil de ses rivales pour obturer complètement l'entrée de la fourmilière avec des cailloux et du sable.

Certaines fourmis obstruent leur nid de l'intérieur voire même de l'extérieur pour qu'il soit totalement invisible par d'éventuelles rivales, quitte à sacrifier certaines ouvrières pour un bénéfice collectif de la colonie.

Les fourmis kamikaze explosent à la face de leurs adversaires, libérant un liquide glandulaire, poison.

Chez les *Atta* coupeuses de feuilles, les individus de très petite taille, appelés minimes, se juchent sur les feuilles et protègent la colonie contre la mouche *Apocephalus attophilus* qui pond des œufs dans la bouche de ses hôtes ; ils désinfectent également les fragments de feuilles contre certains champignons de type *Metarhizium*. Les éventuelles fourmis malgré tout infectées, quittent le nid définitivement pour mourir en s'isolant du reste de la colonie.

L'attaque et la contre-attaque représentent **la neuvième épreuve**.

La fourmi balle de fusil est la seule représentante de sa propre sous-famille, et inflige une piqûre extrêmement douloureuse (par l'intermédiaire d'une toxine appelée poneratoxine engendrant un dérèglement de la transmission nerveuse) classée 4 sur l'échelle de Schmid qui s'étend de 1 à 4. Cette arme est essentiellement faite pour la défense, chez une fourmi plutôt pacifiste et végétarienne. Or l'intensité de la douleur n'est pas corrélée directement à la toxicité, néanmoins les insectes sociaux, vivant en grande colonie, se doivent d'avoir un minimum de toxicité par leur venin, après la douleur fulgurante assurant le retrait immédiat de l'assaillant, car, à défaut, certains assaillants se spécialiseraient en ignorant la douleur pour pouvoir attaquer sans risque.

Les fourmis du genre *Pheidole* comportent des mineurs, des soldats et même parfois des super-soldats chez certaines sous-espèces, sous la pression de l'environnement, avec réactivation de gènes ancestraux, munies d'une énorme tête et d'énormes mandibules, qui sont chargées de protéger l'entrée du nid contre des assaillants en apposant des phéromones pour brouiller les pistes, notamment contre les fourmis légionnaires au Mexique.

Certaines sous-espèces investissent dans le nombre de soldats plutôt que dans leur taille afin de faire face à une menace pérenne.

La fourmi Barbe-Bleue imite à la perfection l'odeur des fourmis mâchoire piège pour approcher ses futures victimes, puis pulvérise de l'acide vers sa tête ce qui paralyse très rapidement son adversaire qu'elle peut ainsi consommer.

Choisir et optimiser représente **l'avant-dernier défi**.

Les *Cataglyphis* du désert, pour s'orienter, utilisent l'intégration du trajet grâce aux repères célestes visuels, à la polarisation de la lumière (grâce à des caractéristiques spécifiques de leurs yeux), au nombre de pas comptés par les fourmis sur le trajet aller, ainsi qu'éventuellement aux accidents de terrain pour une représentation en 3D du chemin parcouru, grâce à la combinaison

d'informations sur des centaines de récepteurs corporels liés à la proprioception. Ceci a été bien documenté par plusieurs équipes de chercheurs.

Les *Melophorus bagoti* australiennes, elles, utilisent des repères visuels terrestres familiers pour leurs déplacements, après avoir utilisé l'intégration d'un trajet au début de leur expérience. Néanmoins si la source de nourriture change, les fourmis plus âgées auront plus de mal à réapprendre le nouveau trajet en raison de l'intégration du trajet.

D'autres fourmis utilisent presque exclusivement des pistes chimiques, en partant à plusieurs, en suivant le chemin balisé par les camarades et en renforçant les traces chimiques de leurs camarades. L'autrice de l'ouvrage s'est intéressée à la fourmi noire des jardins pour voir si elle gérait mieux les embouteillages que les humains. Grâce à plusieurs expériences, elle a pu visualiser que même en réduisant la largeur d'un pont artificiel, le trafic reste toujours de 160 fourmis par minute, mais dans le cas d'un pont très rétréci les fourmis s'organisent en file indienne avec alternance du sens de trafic, au lieu d'un trafic désorganisé sur un pont large.

Puis elle a réitéré ses expériences sur les fourmis d'Argentine qui vivent en super colonies. Le trafic peut atteindre 20 individus/cm² en trottant à 0,5 cm/s, avec ralentissement de la vitesse à partir de 8 individus/cm² pour éviter les collisions. Au-delà de 20, les fourmis refusent de s'engager sur le pont et patientent au nid jusqu'à ce que le trafic diminue d'intensité.

Chez les *Atta*, l'expérience prouve que le trafic peut chuter de 120 à 60 fourmis/mn, en réduisant la largeur d'un pont de 5 à 0,5 cm. En revanche, le trafic est de 24 morceaux de feuilles/mn sur le pont étroit contre 12 sur le pont large, ceci obéissant à un code de la route implicite donnant toujours la priorité à leurs congénères rentrant au nid avec de la nourriture. En fait, ceci est dû à une stimulation sociale avec forte motivation des fourrageuses pour récolter de la nourriture lorsqu'elles croisent leurs collègues en rapportant au nid.

Il n'est donc pas possible de générer des embouteillages chez les fourmis qui ont un but unique (rapporter de la nourriture) avec des règles de priorité locales et adaptées en continu à la situation.

Des expériences chez les fourmis jardin et les fourmis d'Argentine montrent que les décisions prises par les premières fourmis, par exemple, sur le chemin à prendre pour trouver la nourriture, influencent les choix futurs de leurs congénères induisant un effet boule de neige. Dans une autre expérience avec deux chemins menant à des solutions différemment sucrées, la décision collective est toujours la bonne, menant à la solution la plus sucrée, grâce à un pistage de phéromones plus important dans ce cas-là. Avec humour les auteurs comparent ce procédé à la notation sur Internet de différents restaurants de la ville influençant notre choix !

De la même manière, en cas de chemins de longueurs différentes menant à une même source de nourriture, les fourmis finiront toujours par choisir collectivement la route la plus courte. Ceci a donné naissance aux algorithmes *fourmi virtuelle* permettant de résoudre des problèmes d'optimisation que nous, humains, avons du mal à résoudre, comme le défi du voyageur de commerce devant parcourir une et une seule fois un grand nombre de villes de la manière la plus courte possible, en revenant à son point d'origine. Cet algorithme permet de résoudre la solution optimale, par exemple pour 25 villes, en moins de 10 minutes.

La dernière épreuve consiste à secourir et soigner ses congénères.

Diverses expériences mettent en évidence les capacités pour certaines espèces de fourmis d'aller sauver des congénères placées dans des situations délicates notamment dans les zones meubles ou sablonneuses où sévit parfois le fourmi-lion, avec des comportements flexibles et adaptables à la situation.

Les fourmis *Matebele*, d'Afrique subsaharienne, mènent des raids contre les termites, générant parfois des blessées.

Des infirmières inspectent leurs blessures et désinfectent les plaies avec leur salive en retirant les termites attachés aux pattes, permettant d'augmenter leurs chances de survie de 20 à 80%.

D'elles-mêmes, des fourmis moissonneuses secourent leurs collègues empêtrées dans une toile d'araignée, et qui émettent des phéromones d'alarme. Même si la colonie est très volumineuse, il est quand même rentable pour la colonie de secourir ces fourrageuses piégées qui peuvent ramener un nombre important de graines au nid.

La mort représente **l'ultime épreuve**. Chez les fourmis, c'est l'odeur du cadavre à savoir l'acide oléique qui permet aux autres fourmis de diagnostiquer la mort et donc d'éloigner ces fourmis du nid dans des « cimetières » pour éviter les infections.

En laboratoire, l'espérance de vie des fourmis est nettement majorée de quelques mois à plus d'un an, en effet la plupart des fourmis meurent accidentellement ou par maladie dans la nature, et non de vieillesse.

Elles prennent souvent des risques importants pour protéger la survie de la colonie, permettre à des plantes de perdurer, au sol de respirer à certains animaux d'échapper à l'extinction.

Dans leur conclusion, les auteurs soulignent l'incroyable diversité de ces fourmis et de leurs vies quotidiennes, ne peuvent qu'imaginer la richesse de leur monde intérieur et en tirent une leçon d'humilité et un profond respect pour le vivant. Pour laisser le dernier mot aux auteurs : « Malheureusement, ... notre environnement disparaît, ... combien d'odyssées ont-elles déjà été perdues, emportant avec elles leur mystère et leurs légendes ? »