

# BIOMIMÉTISME & MANAGEMENT



## LEÇONS DE LA NATURE

OLGA A. BOGATYREVA  
ALEXANDR E. SHILLEROV

---

**BIOMIMÉTISME  
& MANAGEMENT**  
**Leçons de la Nature**

---

Olga A. Bogatyreva et Alexandr E. Shillerov

*Traduit de l'anglais par Jean Leprince et Michel Lecoq*

*Table des matières*

Préface .....	5
Remerciements .....	9
INTRODUCTION : Self-organisation et self-management .....	13
Qu'est-ce que le management biomimétique ? .....	15
Une vue globale du management .....	16
Le management dans des contextes biologiques .....	18
Management et connaissance .....	20
Orgueil et préjugé .....	22
Le management de la complexité .....	26
CHAPITRE 1 : Top-down, bottom-up ou sens dessus dessous ? .....	35
1.1. Qui est le plus intelligent ? La complexité dans la nature vivante ....	41
Intention et état d'esprit .....	50
Modélisation basée sur l'objectif : Vers une adaptabilité contrôlable ....	57
Résumé du chapitre 1 .....	60
CHAPITRE 2 : Attracteurs sociaux, hiérarchies, fractales .....	63
Attracteurs bottom-up et hiérarchie top-down .....	68
2.2. Que faut-il mesurer, et comment, dans le comportement, pour juger de l'état d'un système ? .....	75
2.3. Comment voir la forêt, pas les arbres : Réduire les informations pour obtenir une image globale .....	81
2.4. La quantité qui mesure la qualité : Indice d'Entropie Normalisé .....	88
2.5. Fractale des interactions et effets émergent qualitatifs .....	94
2.6 Prévoir et calculer les effets émergents .....	105
Résumé du chapitre 2 .....	111
CHAPITRE 3 : Les fourmis ont-elles une bureaucratie ? .....	117
3.1.1 Les fourmis connaissent-elles l'individualité ? .....	123
3.1.2. Les fourmis font-elles des cartes mentales ? Ont-elles besoin du savoir global pour agir au niveau local ? .....	130
3.2. Le "Cube mental" : Un modèle holistique d'interactions .....	137
3.3. Le management dans les colonies .....	147
3.4. Franchir un gouffre de 6 mètres en deux bonds : Management de l'extrême chez les fourmis .....	153
3.4.1. Adoption .....	156
3.4.2. Déménagement .....	163
3.5. Le triplet, ou "pourquoi tout cela fonctionne" .....	172
Résumé du chapitre 3 .....	185

CHAPITRE 4 : La théorie du management des fourmis. ....	189
4.1. Osons-nous assumer la similarité ? .....	195
4.2. Management mesurable : Des ingénieurs au travail .....	203
4.3. "Tableau Périodique" pour le management humain :	
la "grammaire" de la réflexion stratégique. ....	221
4.3.1. Le plan "Management" du Cube mental pour des solutions	
stratégiques .....	228
4.3.2 Le plan "Pouvoir" du Cube mental pour des solutions stratégiques	232
4.3.3. Le plan "Technologie" du Cube mental pour des solutions	
stratégiques .....	236
Résumé du chapitre 4 .....	242
CONCLUSION .....	247
Auto-organisation : l'équation fondamentale .....	247
Changer le paradigme méthodologique : La vie et la physique sont	
fondamentalement différentes. ....	253
Une équation fondamentale qui régit le développement des	
systèmes complexes .....	254
POSTFACE .....	271
Références .....	273

Nous avons écrit ce livre pour les personnes qui s'intéressent à la théorie de la gestion de systèmes complexes ainsi que ses aspects pratiques. Des exemples de systèmes complexes proviennent de systèmes écologiques composés de différentes espèces d'animaux et de plantes, de systèmes sociaux composés de personnes ou d'autres animaux, d'organismes formés d'organes, de cellules formées de molécules, d'un cerveau formé à partir de neurones, ou même d'essaims de robots. Le domaine des systèmes complexes recoupe toutes les disciplines traditionnelles de la science, ainsi que l'ingénierie et le management. Nos lecteurs peuvent provenir de différents milieux : la biologie (écologie, biologie des systèmes, éthologie, sociobiologie), l'informatique (systèmes adaptatifs complexes et modélisation de la vie artificielle), la sociologie (gestion et comportement organisationnel), l'ingénierie (robotique et biomimétique) et même la philosophie (depuis les "méthodologistes" de la science jusqu'à ceux qui sont intéressés par la "*Naturphilosophie*").

La raison principale pour laquelle nous considérons qu'un système est complexe est la présence d'effets indirects. Les processus sont difficiles à comprendre parce que les causes et les effets ne sont pas nettement liés ou immédiatement visibles. Une action "ici" a souvent des effets "là-bas" et "n'importe quand". Par exemple, quand des systèmes extrêmement complexes tels que la technologie, l'écologie et la société viennent à interagir et s'interconnecter, certains composants qui interagissent (qui peuvent être utiles et inoffensifs au sein de leur propre domaine), génèrent soudainement des catastrophes de longue durée quand ils interagissent avec d'autres composants. Par exemple, le développement des transports a changé nos vies – les gens se déplacent à travers les continents pour les vacances et les affaires. Une telle mobilité des populations offre des possibilités de coopération internationale dans l'industrie et d'enrichissement interculturel, mais elle crée aussi une voie de propagation pour les micro-organismes, les plantes, les insectes et les virus. Notre système de transport fonctionne donc comme un mixer dans l'écosystème mondial et nous devons traiter ses conséquences tous les jours. La nécessité d'une guidance dans la façon de traiter ces systèmes complexes est devenue de plus en plus évidente. Nous devons redoubler d'efforts pour résoudre les

problèmes sociétaux ou éviter les problèmes écologiques globaux causés par nos actions locales. Garantir une gestion durable de notre société et de l'environnement dans lequel nous vivons tous est un objectif crucial pour notre succès, voire pour notre survie.

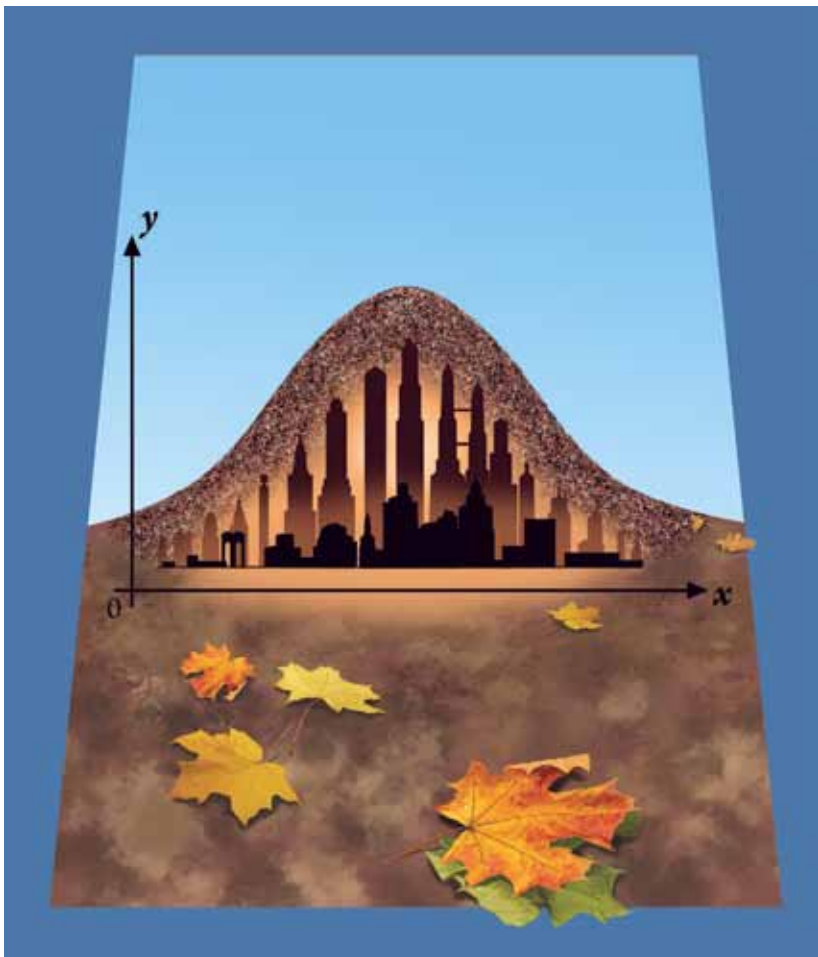
Nous pensons que l'observation et la compréhension des miracles de la nature doit être la source de cette réussite. C'est pour quoi notre livre s'appelle "Biomimétisme et Management – leçons de la Nature".

Qu'est-ce que la biomimétique ? La biomimétique consiste à utiliser les lois naturelles comme des règles d'action. Par exemple, les ingénieurs considèrent la nature vivante comme une grande source de nouvelles solutions technologiques. Ils ont commencé à emprunter des idées pour des nouvelles formes, de nouveaux mécanismes (des exemples bien connus sont le Velcro, l'effet lotus ou l'imitation de la peau du requin ou du dauphin pour améliorer l'hydrodynamique des bateaux). Nous avons même commencé aujourd'hui à emprunter des idées venant du fonctionnement des réseaux de neurones.

La socialité est la propriété principale de la vie. Nous pouvons également dire que chaque créature sur la terre appartient à un groupe social. Prendre des idées des systèmes sociaux vivants et les mettre immédiatement en œuvre dans des applications industrielles est en effet très tentant. Mais excepté un grand intérêt, il n'y a rien sur quoi les entreprises puissent s'appuyer. Une telle procédure ne garantit pas le succès et rend les projets risqués et coûteux. L'économie est un système complexe qui comprend des composantes sociales et technologiques. La composante sociale peut être considérée comme une analogie directe avec les sociétés naturelles, mais le comportement et l'évolution de la composante technologique sont très différents de la biologie. D'après nos recherches il y a seulement une similitude de 12 % lorsque l'on compare les défis de la biologie et de l'ingénierie, et certaines tendances du processus d'évolution en biologie et en technologie sont même opposées. S'inspirer de la biologie à l'heure actuelle est donc une stratégie irresponsable, car il n'y a aucune preuve que l'application fidèle des mécanismes biologiques à l'économie n'entraîne pas de nouvelles catastrophes économiques. En outre, il y a beaucoup de stratégies dans les systèmes biologiques qui ne sont pas acceptables pour leur application dans la société humaine contemporaine, pour des

## Self-organisation et self-management

*"L'univers commence à ressembler à une grande idée  
plus qu'à une grande machine"*  
James Jeans, astronome



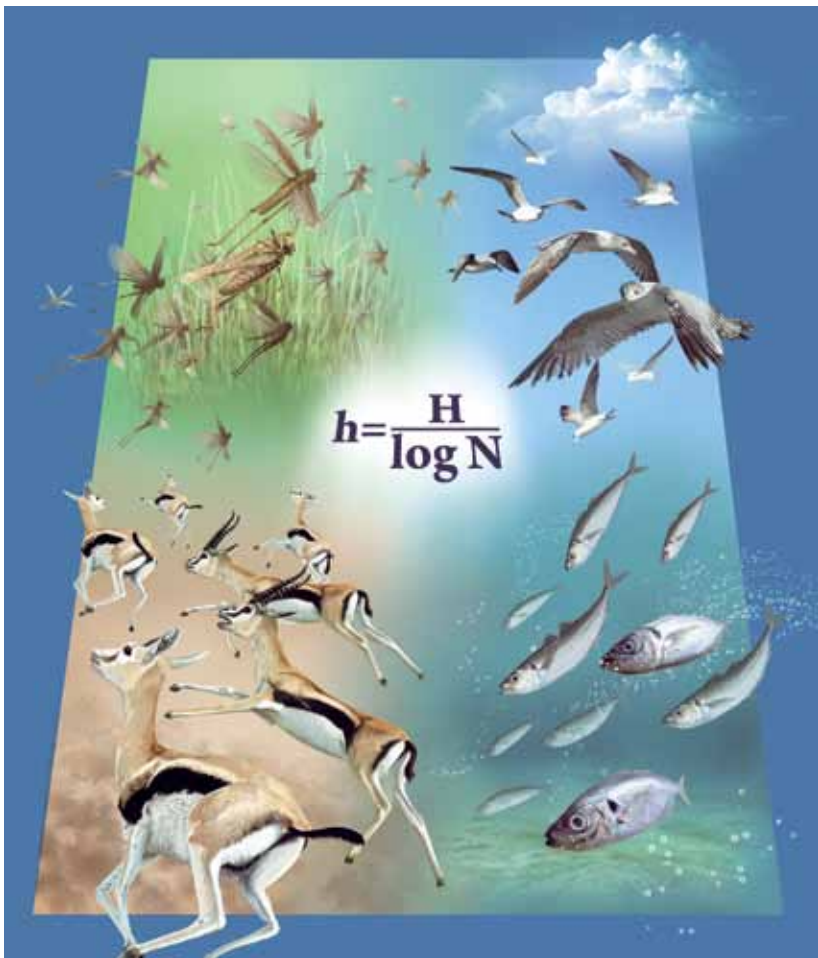
**Pour commencer, vous apprendrez que :**

- La manipulation de l'environnement comme summum d'adaptation.
  - La sociabilité est un "simple" phénomène psychologique plutôt qu'un phénomène physique complexe.
  - Le management est le domaine de l'évolution sociale.
  - Ce n'est pas l'espèce la plus forte qui survivra à l'évolution sociale, mais la plus intelligente. Celle-là créera les systèmes sociaux les plus adaptatifs.
-



## Auto-organisation : l'équation fondamentale

*La nature est écrite en langage mathématique*  
Galilée



**L'équation fondamentale pour l'auto-organisation, c'est l'équilibre entre "suivre" et "enfreindre" les règles.**

Personne ne vit complètement seul. Il n'y a aucune forme de vie asociale sur terre. Par conséquent, le management est un phénomène biologique fondamental, très souvent considéré comme un ensemble de phénomènes locaux dans différents domaines de la biologie. La gestion humaine est profondément enracinée dans l'histoire naturelle, et il est très tentant d'enquêter sur ces racines. Nous avons réellement besoin d'une théorie générale du système général du management. Son absence nous coûte de l'argent, du temps et parfois même la vie. Une telle théorie est essentielle à la compréhension du comportement organisationnel et au comportement des différents groupes sociaux en sociologie, mais aussi au développement de produits et au marketing en ingénierie. Pour prévoir et donc prévenir les futurs problèmes, nous devons avoir une vision globale du processus dans lequel que nous sommes tous impliqués.

Tenant compte de tout ce qui précède, le management biomimétique est une stratégie tout à fait séduisante. Il y a au moins dix préjugés sur la nature vivante qui circulent dans le grand public et même dans les communautés professionnelles biomimétique<sup>121</sup>. L'origine de ces préjugés est compréhensible : autrefois, la biologie était réservée aux seuls biologistes et sa connaissance était présentée dans un format "biologique" inaccessible aux non-spécialistes. En outre, les managers partagent tous les problèmes méthodologiques de l'étude des sociétés avec des biologistes. Pour fournir des bases théoriques et méthodologiques au management biomimétique, nous devons être honnêtes et accepter que certaines des hypothèses soient incorrectes ou ne puissent être vraies et utiles que dans certaines circonstances<sup>122</sup>.

1. "La vie est toujours parfaite" ou "La Nature est toujours sage". Ce n'est pas toujours vrai.

Pensez aux millions d'espèces disparues au cours de l'histoire de notre planète et à celles qui meurent aujourd'hui. La raison de l'origine et du développement de la technologie elle-même (outils, transport, agriculture, médecine, etc.) est de compenser l'imperfec-

---

(121) *Benyus, 1997*

(122) *Bogatyrev, 2012*

cellule cible un type de client spécifique), pour la définition des prix des produits et services et, *last but not least*, un style de management humain opérationnel adapté (chaque cellule nécessite un style de leadership spécifique et une répartition particulière des tâches entre les divers départements.

c. Les systèmes vivants nous garantissent l'immortalité : choisir la bonne stratégie pour un poste dans une entreprise dans chaque cellule guide l'évolution de l'organisation vers un succès durable (les cinq cellules de la "Croix du bonheur", Fig. 19).

d. Maintenez un équilibre entre la répartition des tâches, le style de contrôle et les ressources disponibles pour positionner un système au sein d'une cellule durable du "Cube mental". Nourrissez d'abord, libérez ensuite. Si ce n'est pas le cas, le système finira en autocratie.

Dans notre ouvrage, nous avons utilisé un grand nombre d'équations. Nous aimerions maintenant les exprimer dans un langage plus "humain". Les équations ci-après décrivent les relations fonctionnelles entre les catégories les plus présentes en management :

$$\textit{individual freedom} = \frac{(\textit{personal interests}) \times (\textit{probability of action})}{\sum[(\textit{others' interests}) \times (\textit{probability of interactions})]}$$

$$\textit{individual input} = \frac{(\textit{personal willpower}) \times (\textit{probability of action})}{\sum[(\textit{others' willpower}) \times (\textit{probability of interactions})]}$$

$$\textit{leadership} = \frac{(\textit{personal willpower})}{\sum(\textit{others' willpower})}$$

$$\textit{competition} = \frac{\sum(\textit{individual freedom}) \times \log(\textit{individual freedom})}{\log(\textit{group size})}$$

$$\textit{cooperation} = \frac{\sum(\textit{individual input}) \times \log(\textit{individual input})}{\log(\textit{group size})}$$

## Biomimétisme & Management : Leçons de la Nature

*Olga A. Bogatyreva, Alexandr E. Shillerov*

Ce livre s'adresse à ceux qui s'intéressent à l'auto-organisation dans la nature vivante, à la biomimétique, à la gestion organisationnelle, aux essais de robot, à l'intelligence artificielle, à la conception de réseaux complexes et même à ceux qui sont friands de la "Théorie du Tout".

Biologistes, managers, ingénieurs, experts en informatique et tout qui aime la nature vivante, apprécieront les idées fraîches, les découvertes surprenantes et les singularités de la vie animale.

La "Divine Proportion" ou Nombre d'Or, est connu depuis l'Antiquité et se retrouve dans toutes les structures et formes vivantes. Mais la raison derrière l'universalité de ce nombre est inconnue. Par le biais de l'étude des sociétés de fourmis, nous sommes les premiers à révéler un mécanisme caché – le processus qui génère la "Divine Proportion". Nous appelons ce mécanisme "équation fondamentale d'auto-organisation dans la Vie". Cette équation permet de calculer de combien un tout est plus grand que ses parties.

Puiser dans la biologie des idées pour un management d'entreprise efficace et durable est très attrayant. Les systèmes vivants nous enseignent qu'il existe deux types de mort pour un système social, mais ils nous montrent aussi une piste pour une existence immortelle. Ce livre présente les façons dont les fourmis gèrent des catastrophes sociales et environnementales et y survivent. Vous découvrirez que les fourmis sont des êtres créatifs, qu'elles ont des week-ends de repos, travaillent en équipe et peuvent si nécessaire modifier les styles de management. Et la plus étonnante découverte présentée dans ce livre, c'est que l'évolution sociale peut survenir en deux semaines sans sélection naturelle.

Les fourmis nous enseignent la façon de penser globalement et d'agir localement. Un "Tableau Périodique" pour la gestion humaine dans laquelle toutes les théories de management trouvent leur place couronne le contenu de ce livre et pose la première brique de la construction d'un pont entre les hommes et la nature.



Olga A. Bogatyreva est un expert largement qualifié en sociobiologie, comportement organisationnel et prise de décision de groupe, spécialités dans lesquelles elle compte plus de 100 publications. Titulaire d'un DSc en théorie de la complexité et d'un doctorat en biologie, internationalement reconnue comme experte en "Théorie de la Résolution de Problèmes Inventifs" (TRIZ), Olga a obtenu deux brevets de matériel de laboratoire conçu spécialement pour les travaux de recherche présentés dans ce livre. La gestion des systèmes complexes est impossible sans une approche inventive ; Olga a développé une gamme d'outils pour le management de l'innovation. Ses méthodes originales ont été validées lors de projets dans l'industrie en Europe et au Japon. Dirigeant la société de consultance BioTRIZ Ltd, Olga organise dans le monde entier des formations en créativité, en inventivité et en bio-design, et enseigne à l'Université de Bath, UK.



Alexandr E. Shillerov était un ingénieur hautement qualifié avec 40 ans d'expérience dans l'industrie de la construction civile. Alexandr avait deux doctorats, en ingénierie et en mathématiques. Ses intérêts scientifiques le portaient vers les aspects géométriques de la théorie des équations différentielles. CEO d'un bureau d'études pour le développement de nouvelles machines de production de blocs de construction pendant plus de 20 ans, Alexandr gérait l'ensemble du processus de recherche et de fabrication. Pouvoir compter sur un réseau complexe de personnes et de technologies l'obligea à mener une étude sérieuse sur la planification de réseau, les méthodes de conception et la Théorie de la Complexité. La combinaison de ses passions pour la biologie et les mathématiques donna naissance à cet ouvrage.