

# BIOMIMÉTISME & ÉNERGIE

.....  
RAPPORT DE SYNTHÈSE

ÉDITION 2022



Ceebios

“

**L**a transformation du système électrique est au cœur des enjeux du climat, de la transformation de notre société vers la neutralité carbone. Cette transition énergétique ne peut faire l'économie de la prise en compte de l'impact sur les écosystèmes, la biodiversité, les ressources.

Depuis plusieurs années, RTE s'intéresse au potentiel du biomimétisme pour explorer des pistes de solutions qui prennent bien en compte toutes ces dimensions. S'ouvre ainsi un champ de coopération pour tous les acteurs de l'énergie, des opérateurs aux industriels engagés pour la transition énergétique, faisant du biomimétisme un des piliers du développement des produits de l'énergie de demain.

C'est le sens de notre soutien à ce rapport qui marque la ligne de départ de cet espoir de coopération.

### **Olivier Grabette**

Délégué Général en charge des Affaires Industrielles Européennes  
Membre du COMEX  
Rte

Cette synthèse a été réalisée grâce à l'impulsion et le soutien de



# É D I T O

Le biomimétisme peut constituer un fil conducteur sur lequel s'appuyer pour choisir les technologies à développer, pour construire une expertise originale, innovante et porteuse d'activités économiques, mais aussi pour inspirer les futures technologies compatibles avec la transition écologique. Dans ce contexte, l'ADEME reconnaît tout l'intérêt du biomimétisme, notamment pour mieux intégrer l'industrie de l'énergie au cycle de vie des êtres vivants.

C'est pour collectivement relever ce défi que nous avons souhaité nous associer à cette publication qui ouvre sur un questionnement original, des perspectives et horizons nouveaux, des pistes de réflexion, des exemples stimulants et des réalisations possibles. Sur le fond, le biomimétisme interroge en profondeur nos objectifs, nos pratiques et nos exigences qui font souvent l'impasse sur l'impératif d'intégrer l'ensemble

de nos activités au monde biologique et ses grands cycles biogéochimiques, ainsi qu'à la préservation des services écosystémiques.

Consciente de ces limites, l'ADEME a souhaité établir une convention nationale avec Ceebios afin d'utiliser les principes du biomimétisme pour mettre en œuvre une transition écologique responsable. L'objectif étant d'en faciliter l'appropriation par le plus grand nombre, le partage des meilleures pratiques et surtout l'émergence et la diffusion des solutions développées. Dans cette perspective, l'ADEME soutient des projets s'appuyant sur le biomimétisme, qu'ils relèvent de la recherche en connaissance nouvelle, de l'innovation ou du pré-déploiement industriel. C'est notamment le cas de l'hydrolienne à membrane ondulante pour la récupération de l'énergie des courants marins, issue de travaux de recherche financés par l'agence.

Dans les domaines des projets proches du marché, on peut également évoquer le projet s3, financé dans le cadre du programme d'investissements d'avenir, qui vise à déployer un prototype houlomoteur ondulant pour valoriser l'énergie des vagues. Citons

aussi, dans le domaine de l'agrivoltaïsme, le projet sun agri, également issu du programme d'investissements d'avenir, permettant de produire de l'électricité tout en contribuant à la résilience des cultures agricoles face au changement climatique.

Au-delà des projets de recherche et d'innovation accompagnés par l'ADEME, nous nous sommes associés aux côtés de Ceebios pour la réalisation d'un guide méthodologique sur l'écoconception biomimétique afin que les porteurs de projets puissent intégrer très tôt dans la réflexion la prise en compte des impacts environnementaux de leurs innovations.

Ces quelques exemples concrets dans le domaine de l'énergie fournissent une bonne idée du potentiel d'innovation du biomimétisme. Au-delà du seul domaine de l'énergie, ce constat nous incite aussi à impulser au sein de nos organisations une dynamique forte d'appropriation des concepts de biomimétisme pour faire évoluer nos pratiques dans tous nos domaines d'interventions. C'est à ce défi plus global que « biomimétisme et énergie » nous invite en proposant des pistes de réflexion et des propositions de solution.

**Arnaud Leroy**

Président Directeur Général de l'ADEME



Agence de la Transition écologique, l'ADEME accompagne tous ceux qui agissent pour mettre en œuvre les solutions, innover et préparer l'avenir pour accompagner la nécessaire transformation de nos modes de production et de consommation.

---

# TABLE DES MATIÈRES

## **.05**

### **INTRODUCTION**

Réinventer notre relation à l'énergie, en observant le vivant

## **.06**

### **ENJEUX MODERNES DE L'ÉNERGIE**

Les limites à la croissance énergétique

## **.09**

### **BIOMIMÉTISME**

S'inspirer du vivant et de sa gestion de l'énergie

## **.14**

### **LE POTENTIEL TECHNIQUE DU BIOMIMÉTISME**

Trois exemples

Des bio-matériaux aux fonctions passives, par leur structure

Des stratégies du vivant, pour limiter la perte énergétique

Le vivant s'organise, pour déployer des réseaux

## **.20**

### **AXES D'INSPIRATION**

AXE 1. Sources et vecteurs énergétiques dans le vivant

AXE 2. Fonctions et conversion d'énergie dans le vivant

AXE 3. Spécialisation de sous-systèmes biologiques

AXE 4. Gestion du stress et régulation de la balance énergétique

## **.34**

### **SYNTHÈSE & PERSPECTIVES**

## **.38**

### **ALLER PLUS LOIN**

Groupe de travail filière & revue de littérature

## **.39**

### **S'INSPIRER DU VIVANT POUR LA GESTION DE L'ÉNERGIE**

Exemples de réalisations concrètes

Exemples de compétences nationales & internationales

---

# INTRODUCTION

## RÉINVENTER NOTRE RELATION À L'ÉNERGIE, EN OBSERVANT LE VIVANT

### Tendre vers un modèle énergétique souhaitable

L'énergie est au cœur de la transition écologique de cette première moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. Collecter de l'énergie « propre », la stocker massivement pour pallier la variabilité de sa disponibilité et ce sans polluer. La transmettre efficacement pour répondre à la demande, optimiser son utilisation et limiter les pertes, autant d'éléments qui composent le cahier des charges des systèmes énergétiques de demain. Ce modèle énergétique souhaitable, porté à l'échelle internationale par des initiatives comme la COP 21, les *Green Deal* américain et européen et à l'échelle nationale par des acteurs comme l'ADEME, peut sembler utopiste. Pourtant, il peut d'ores et déjà être observé dans le reste du monde vivant. Depuis près de 3,8 milliards d'années, la Vie s'est construite autour de vecteurs énergétiques localement abondants pour assurer sa résilience et son développement tout en répondant à ses contraintes environnementales et fonctionnelles.

### S'inspirer de la gestion de l'énergie dans le vivant

Le biomimétisme consiste à s'inspirer des stratégies des systèmes biologiques, afin d'apporter des solutions innovantes conciliant performances techniques et environnementales. Cette démarche appliquée au domaine de l'énergie ouvre un large champ d'innovations potentielles.

À travers ce rapport, la présentation des enjeux de la filière de l'énergie nous conduira à :

- ▼ étudier et analyser la gestion de l'énergie dans le vivant,
- ▼ présenter des exemples précis de modèles biologiques associés à des innovations biomimétiques incrémentales de court à moyen terme,
- ▼ formaliser une synthèse globale des axes stratégiques soulignant l'intérêt du biomimétisme pour un changement du paradigme de l'énergie, sur le moyen à long terme.

---

*L'objectif de ce document est de présenter les opportunités du biomimétisme dans le cadre de la gestion de l'énergie et d'identifier un ensemble de leviers clés d'innovation biomimétique à actionner pour accélérer la transition écologique.*

---

En cela, notre démarche s'intègre dans une double approche conjuguant un axe technico-scientifique et un axe sociétal et environnemental. Sans prétendre à l'exhaustivité, nous établissons une synthèse de l'état des lieux, pour informer, inspirer et structurer l'action des acteurs de la filière de l'énergie.

*Ce document est la synthèse d'un rapport plus complet et détaillé, rédigé par les mêmes auteurs.*