



Computer Aided Biomimetics

Atelier découverte (45', eng)

Nikolay Tchakarov & Adrien Saint-Sardos
2023/03/06



Ceebios

Plan

9:30 Contexte

9:40 Outils numériques – présentation

10:00 Biomig search – session interactive

10:45 Discussion



A close-up photograph of a sea urchin's spines, showing a dense, radial arrangement of sharp, light-colored spines against a dark background.

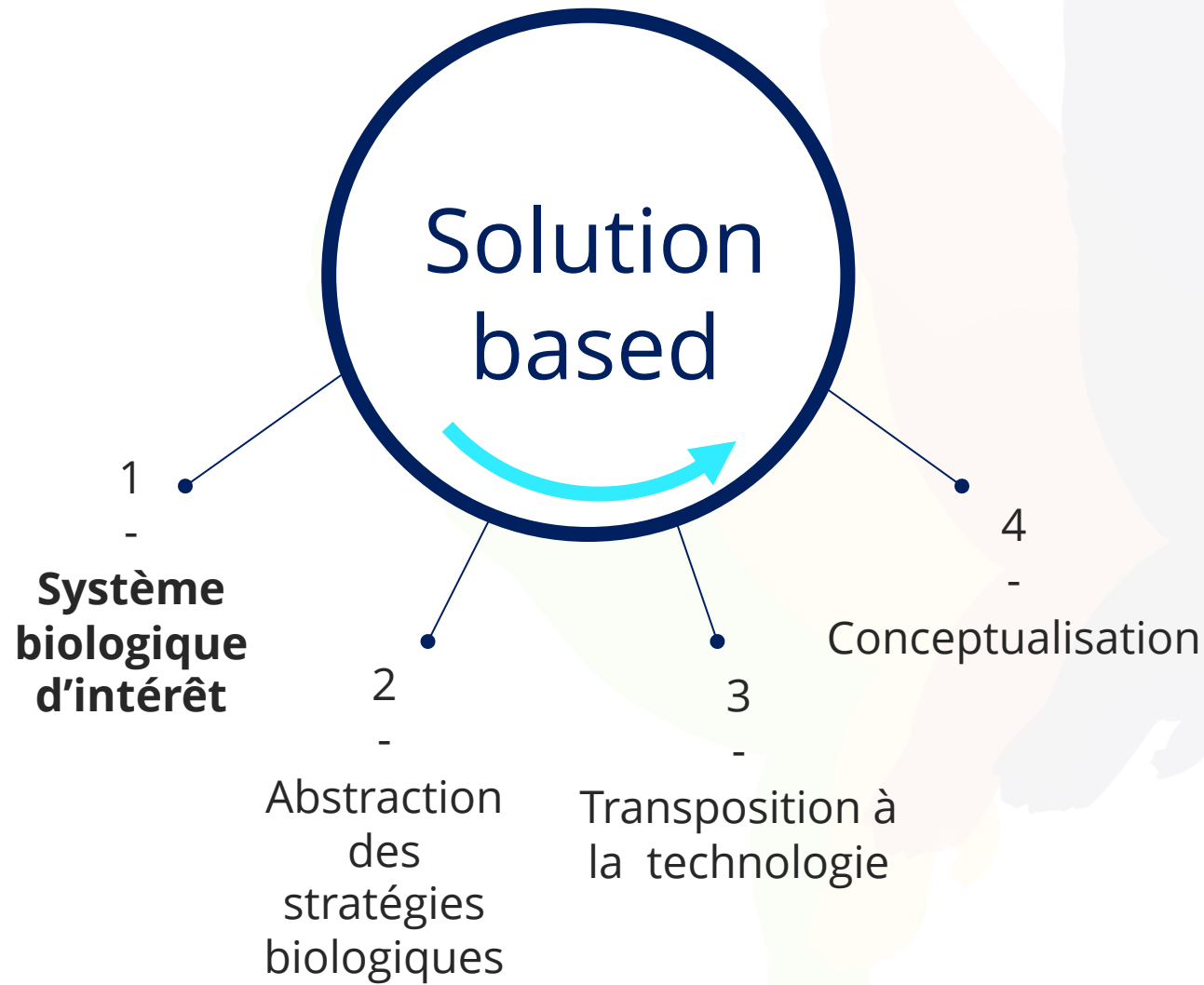
01

Contexte

Place de la recherche de données dans le processus biomimétique (5')

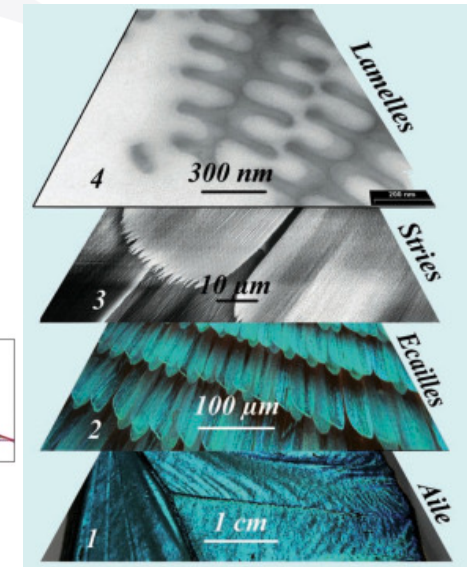
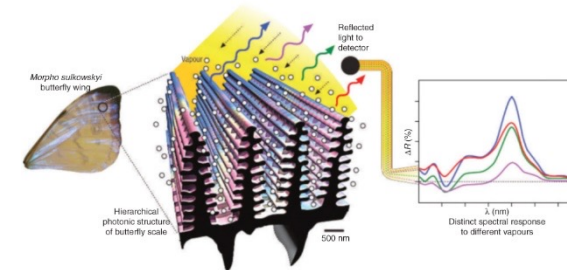
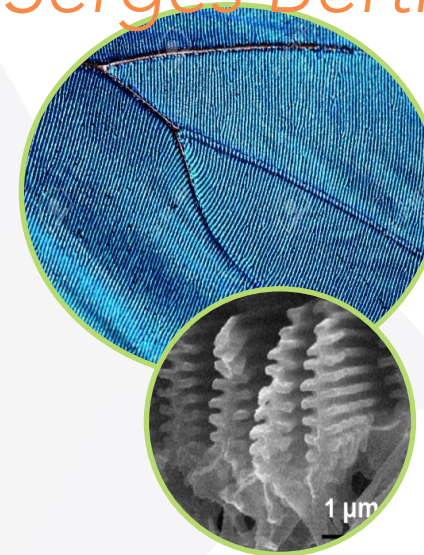


Méthodologie

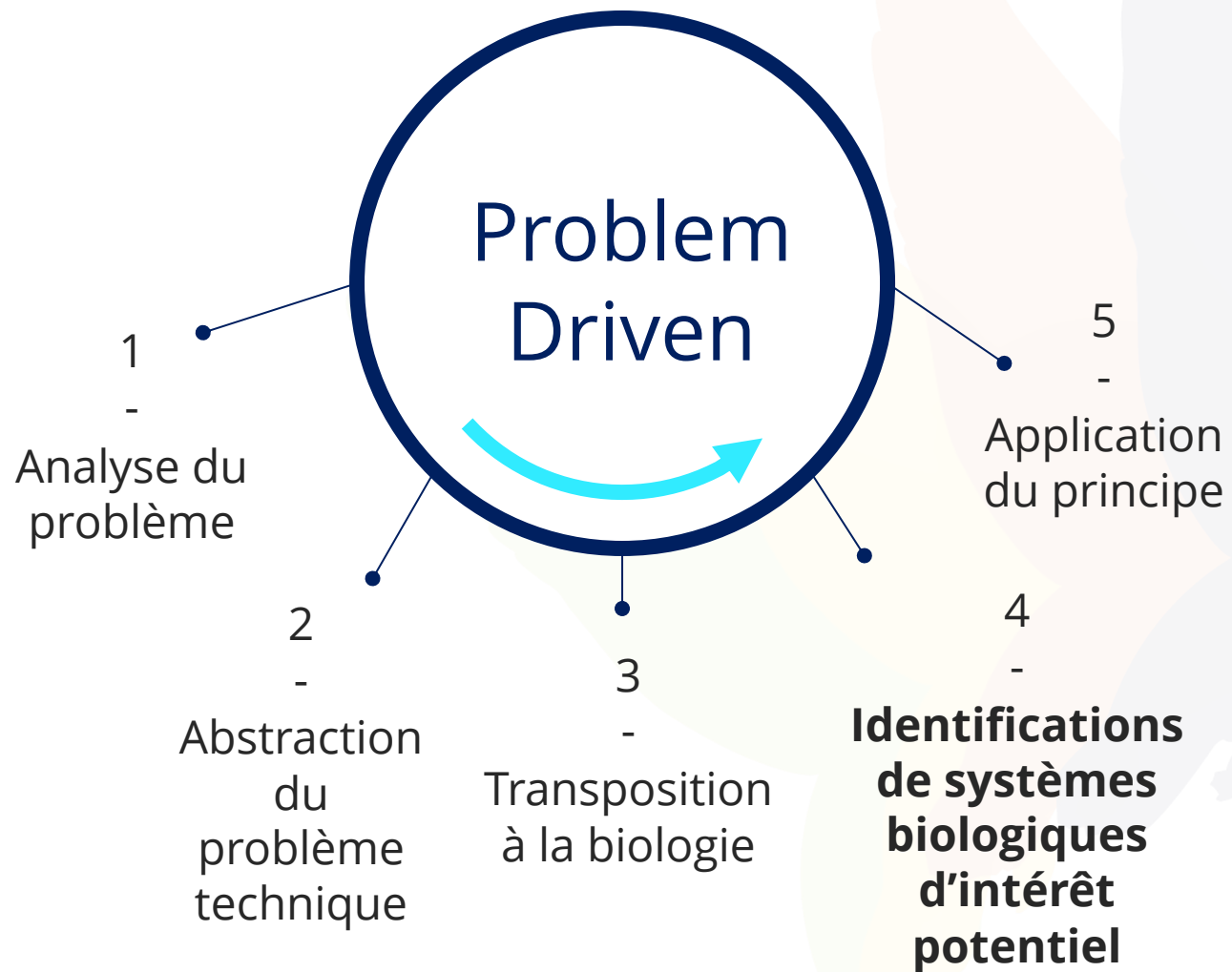


Ailes du Morpho

Serges Berthi

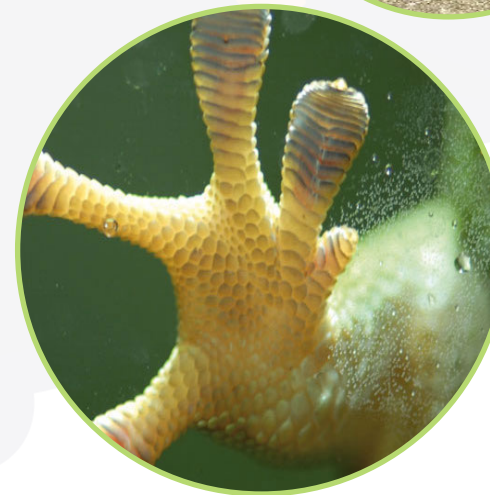


Méthodologie



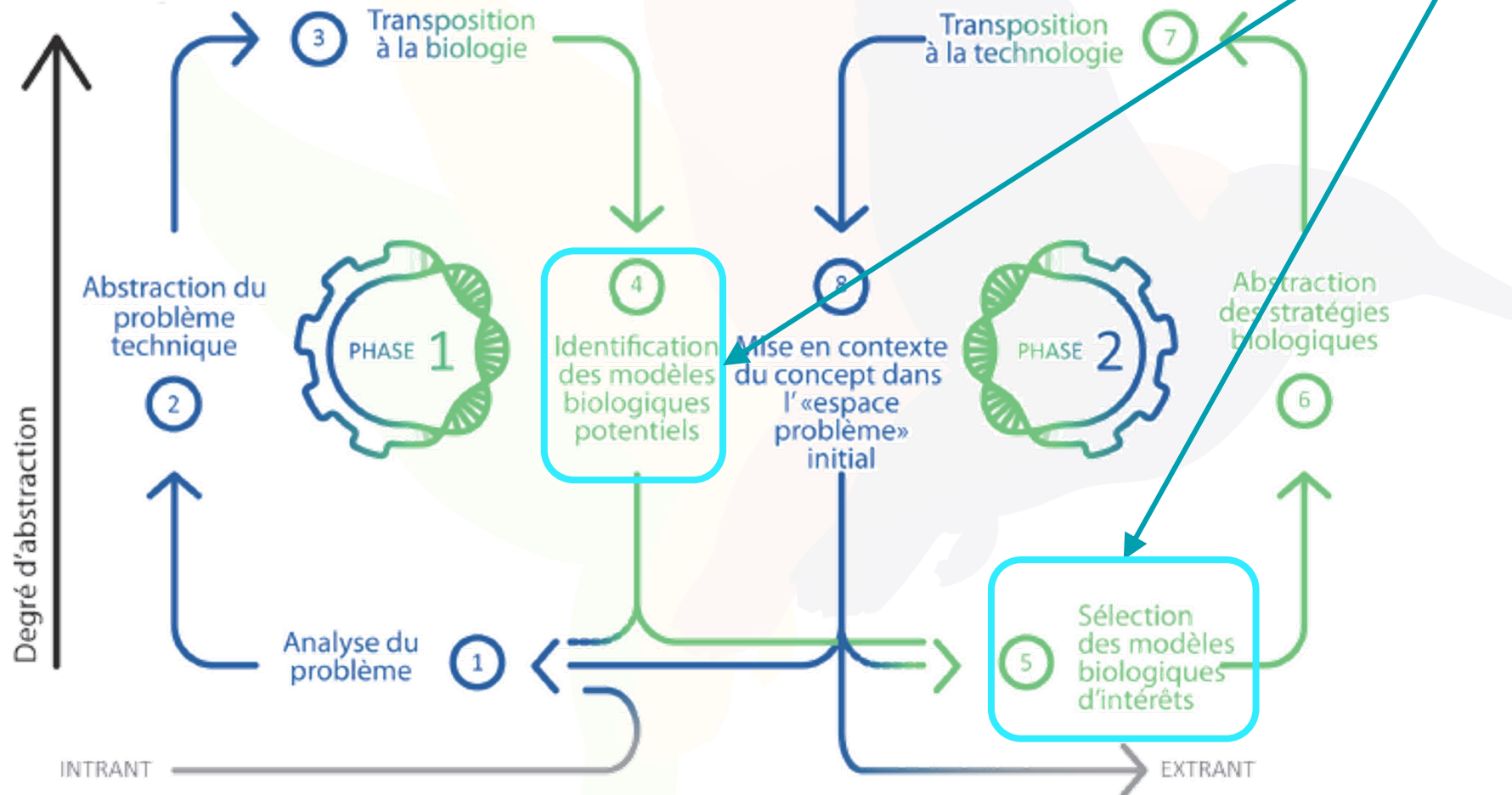
Adhésifs

Défi majeur de l'industrie



Méthodologie en 8

Trouver de la
Donnée
biologique sur
ces modèles
pertinents





Exemple de résultat classique de l'étape 4

Actionneurs hydromorphes & crochets



Nom commun	Bec-de-grue commun
Taxon	<i>Erodium cicutarium</i>
Ordre	Geraniales
Habitat	Climats tempérés
Taille	rampante
Organe	Fruits (Akènes)

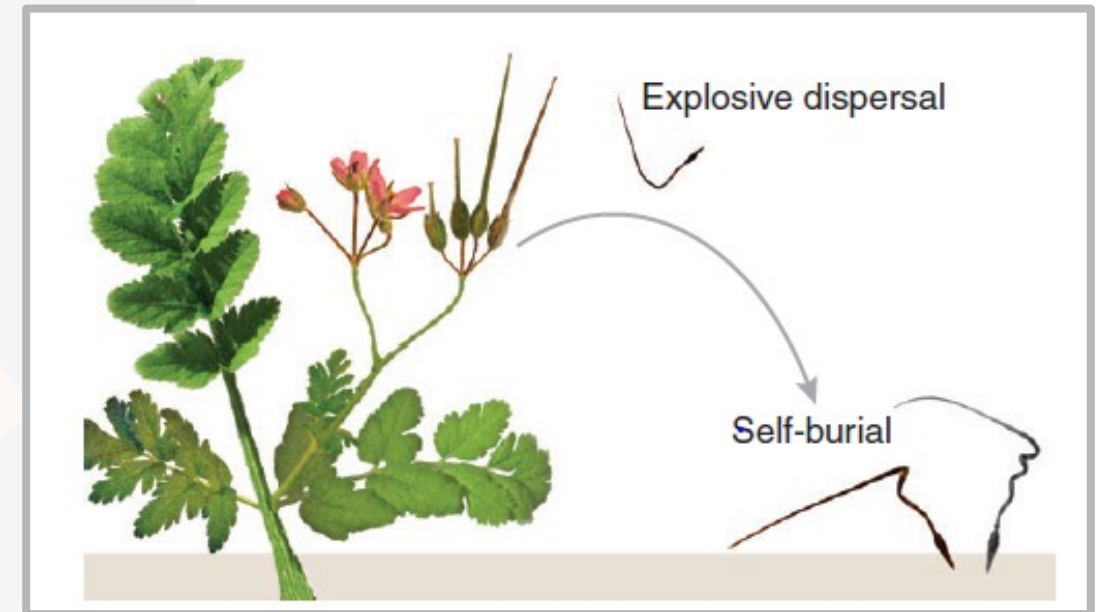




Actionneurs hydromorphes & crochets

La filaire *Erodium cicutarium* - petite plante à fleurs apparentée aux géraniums - possède un mécanisme unique de dispersion des graines : 1) La plante peut projeter ses graines jusqu'à un demi-mètre de distance. 2) Les graines peuvent s'enterrer en forant dans le sol, se tordant et se détordant en réponse aux changements d'humidité.

Utilisation des « barbes », des poils hélicoïdaux de tissus morts mais hygroscopiquement actifs attachés aux graines.

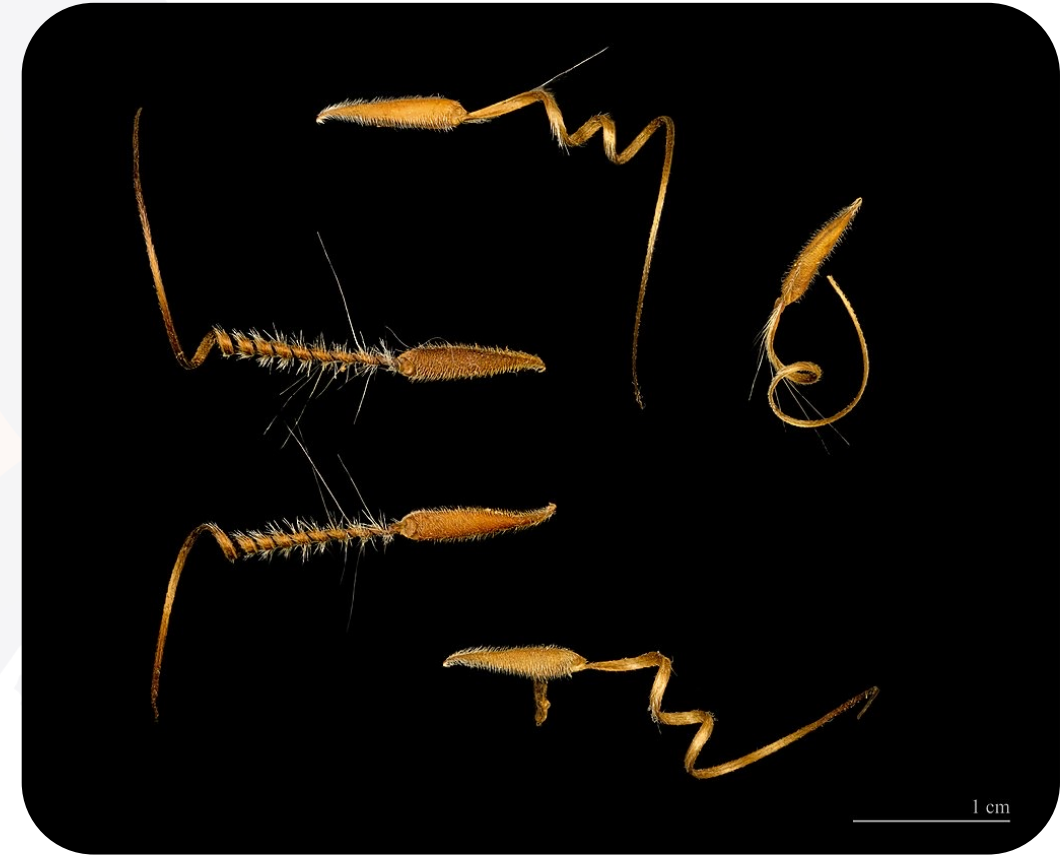




Actionneurs hydromorphes & crochets

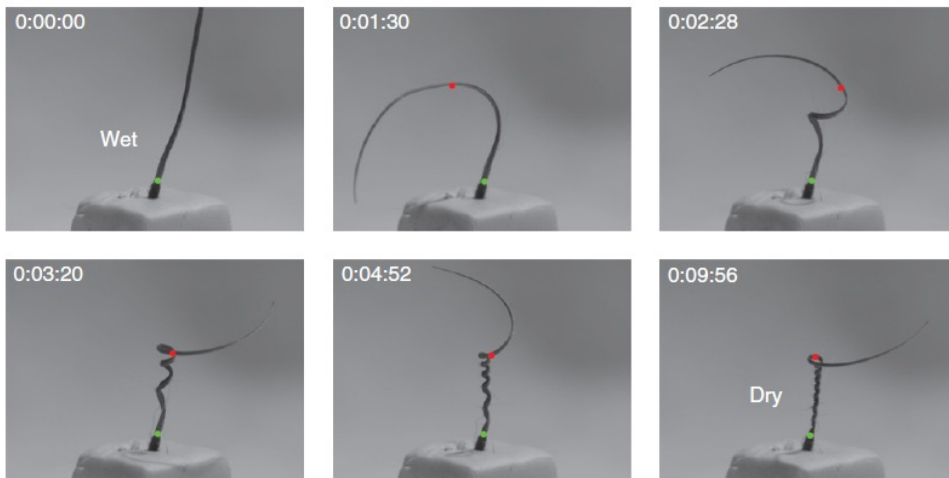
La filaire *Erodium cicutarium* - petite plante à fleurs apparentée aux géraniums - possède un mécanisme unique de dispersion des graines : 1) La plante peut projeter ses graines jusqu'à un demi-mètre de distance. 2) Les graines peuvent s'enterrer en forant dans le sol, se tordant et se détordant en réponse aux changements d'humidité.

Utilisation des « barbes », des poils hélicoïdaux de tissus morts mais hygroscopiquement actifs attachés aux graines.





Actionneurs hydromorphes & crochets



Avec cet échange...

- ❑ Découvrir les différentes initiatives de Computer Aided Biomimetics menées par CEEBIOS (conf, 15')
 - Sur l'approche Biology Push, Bioinspire-Explore, en partenariat avec MNHN et Mycéco
 - Sur l'Analyse des Besoins, avec Biomig Roots
 - Sur la fouille de la littérature, avec Biomig Search
- ❑ Pratiquer ensemble, sur l'une des plateformes développées (jeu, 45')
- ❑ Réfléchir ensemble aux prochains usages de l'outil informatique dans nos approches métiers du biomimétisme (discussion-tour de table, 15')



A photograph of two starfish on a sandy beach. The larger starfish is in the foreground, and a smaller one is partially visible behind it. The sand is light-colored with some ripples.

Se familiariser avec une espèce

Avec Bioinspire Explore

02



AskNature

Une formidable porte d'entrée qui a ses limites

SEARCH:

BIOLOGICAL STRATEGIES 1759

INNOVATIONS 306

RESOURCES 75

COLLECTIONS 36

BIOLOGICAL STRATEGIES

× CLEAR ALL

Functions

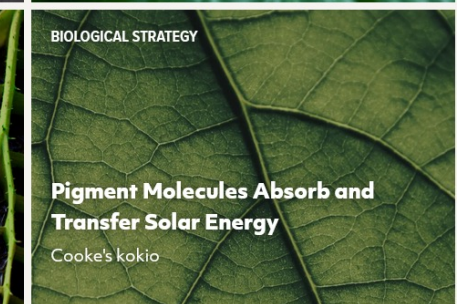
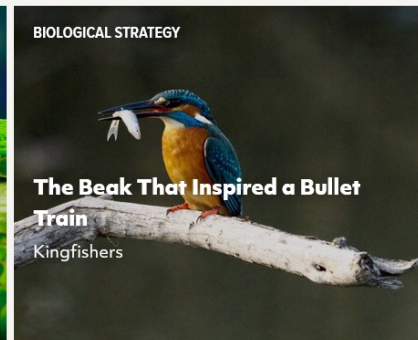
- Break Down 87 +
- Break Down Non-living Materials 5 +
- Get, Store, or Distribute Resources 419 +
- Maintain Community 212 +
- Make 134 +
- Modify 412 +
- Move or Stay Put 304 +
- Process Information 284 +
- Protect From Physical Harm 810 +

Living Systems

- Animals 1178 +
- Archaeans 7 +
- Bacteria 103 +
- Ecosystems 34 +
- Fungi 51 +
- Plants 430 +
- Protists 23 +

Biological Strategies

We've curated more than 1700 strategies of living things that can serve as inspiration for human innovation. Whatever challenge you're looking to address, nature can serve as your model, measure, and mentor.



Initiative 1 : Bioinspire Explore

Un outil d'exploration de la donnée de biodiversité

Bioinspire Muséum et Ceebios présentent...

Bioinspire Explore

Incidant des illustrations pour vos projets?

- Arbres
- Mammifères
- Oiseaux
- Carnivores
- Insectes
- Mollusques
- Plantes
- Fungi
- Protistes

MUSÉUM
NAT HIST
NATURELLE



Powered by
BiOMIg

<https://bioinspire-explore.mnhn.fr>

Initiative 1 : Bioinspire Explore

Comment cet outil s'utilise-t-il ?

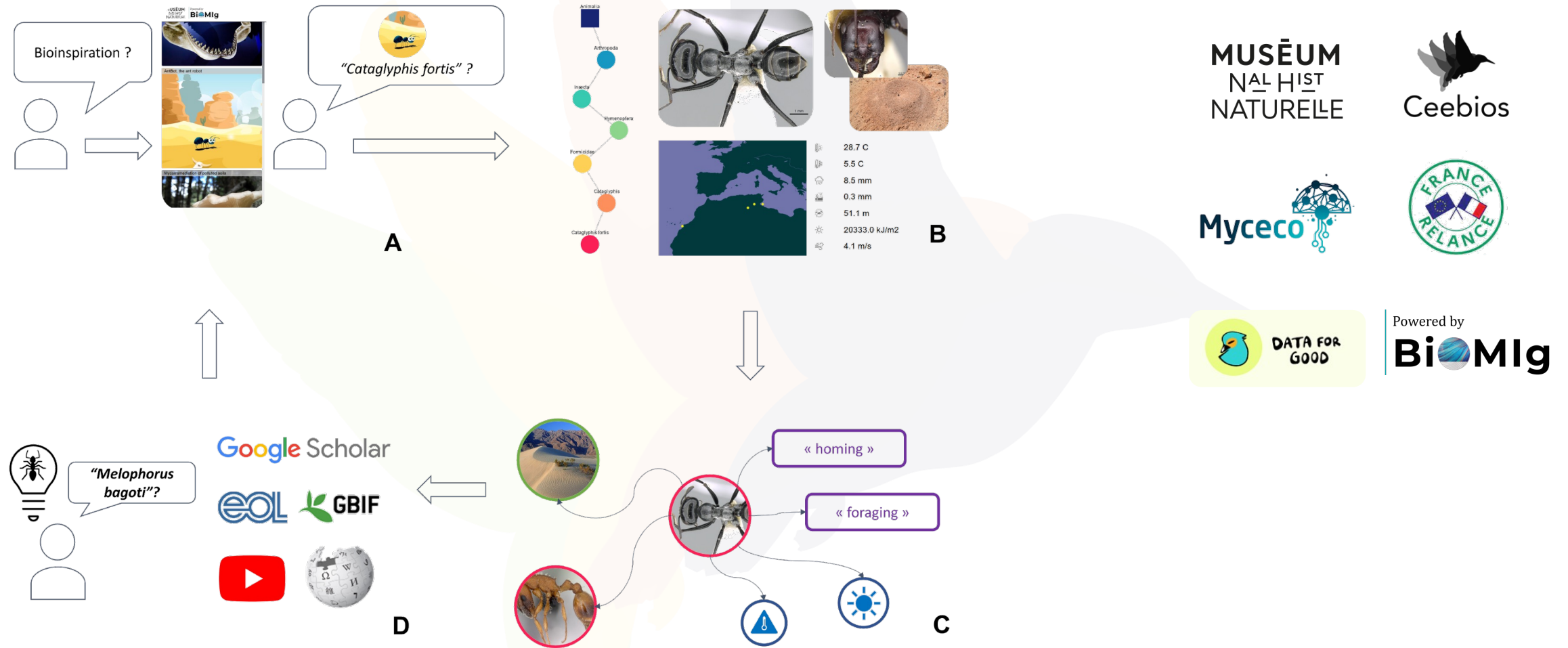
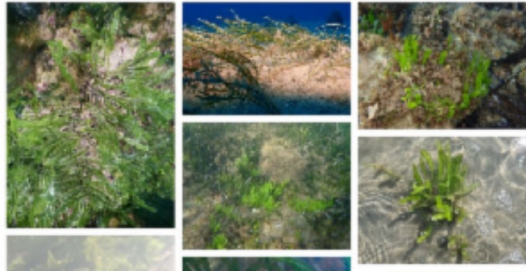


Figure 5 – Parcours utilisateur sur la plateforme bioinspire explore. From Saint-Sardos et al. *Bio-Inspire Explore: Taxonomy-driven Exploration of Biodiversity Data for Bioinspired Innovation 2023* (submitted in *Biomimetics*)

Initiative 1 : Bioinspire Explore

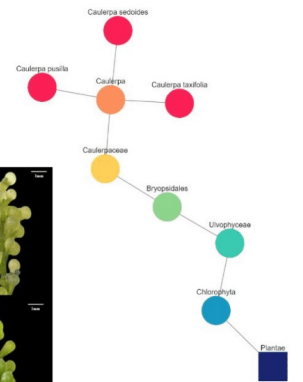
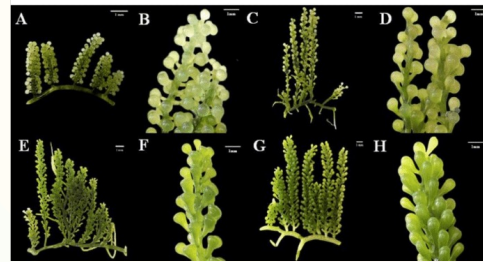
Comment cet outil s'utilise-t-il ?

Caulerpa genus Caulerpe



Genus - definition

A principal taxonomic category that ranks above species and below family



Marine Alkaloids with Anti-Inflammatory Activity: Current Knowledge and Future Perspectives - by Souza, Bezerra, Souto

3. Anti-Inflammatory Alkaloids in Marine Algae

As previously shown, seaweed are a source of numerous anti-inflammatory compounds already described. However, there are few studies on alkaloids. Most biologically active alkaloids described so far are from plants, while few studies describe the isolation and biological activity of seaweed alkaloids [29].

Among the algae with identified anti-inflammatory compounds, those of the genus *Caulerpa* are well studied and described in the literature [91,92,93]. Studies from our group showed anti-inflammatory activity of compounds extracted from green algae of the genus *Caulerpa*. *Caulerpa mexicana* aqueous and methanolic extracts were able to reduce IL-6, IL-12, and TNF- α production by LPS-stimulated macrophages and leukocyte migration in murine zimosan-induced peritonitis and air pouch inflammation models and decreased xylene-induced ear edema [27]. Subsequently, we observed the anti-inflammatory activity of a *C. mexicana* methanolic extract in a murine model of dextran sulfate sodium (DSS)-induced ulcerative colitis, with the attenuation of the clinical signs of the disease and a significant reduction of IFN- γ , IL-6, IL-12, IL-17A, and TNF- α levels, together with the preservation of the morphological structure of the colon and a reduction of inflammatory tissue infiltrates [28]. In fact, in another study, different extracts of *C. mexicana* and *Caulerpa sertularioides* showed anti-inflammatory activity in a murine model of carrageenan-induced peritonitis, reducing leukocyte migration to the lesion site [94].

Algae extracts of the genus *Caulerpa* are rich in caulerpin (37), an indolic alkaloid with proven anti-inflammatory activity. Caulerpin has been described in different species of the genus *Caulerpa*, such as *Caulerpa peltata*, *Caulerpa racemosa*, *Caulerpa cupressoides*, *Caulerpa paspaloides*, *Caulerpa prolifera*, *C. sertularioides*, *C. mexicana*, and *Caulerpa lentillifera*, besides being found in the red algae *Chondria armata* [95]. The analysis of *C. peltata* and *C. racemosa* ethanolic extracts showed caulerpin as one of the main products [96,97]. Other indolic alkaloids of the genus *Caulerpa* found in algae and already identified are racemosin A (38) [98], B (39) [99], and C (40), and caulerisin (41) [100]. The first alkaloid showed protective activity on SH-SY5Y cell viability, the second one can give

MUSÉUM
NATIONALE
D'HISTOIRE
NATURELLE



Powered by
BiOMig

Exemple d'utilisation de bioinspire explore sur un genre de plante tiré au hasard, par une étudiante Promotion NID 2023

Initiative 2 : Biomig_roots

Vers une analyse assistée des problématiques industrielles



Current project: Permapoule

IMMERSION CLUSTERING PROBLEM TREE CAUSAL TREE MATRIX

WHO WHAT WHERE WHEN HOW WHY CURRENT IDEAL

This question aims to identify the actors and stakeholders of the project, whether they are direct, such as the project team, or indirect, such as suppliers or any person that will be impacted by the project. It is important to know who is involved in the project, either as a contributor or as a beneficiary. This allows to determine the responsibilities and involvement of everyone and to facilitate communication between the various stakeholders.

Please list all actors and stakeholders involved in the project in the following format - "Involvement: Actor".
For example (urban water treatment problem):
- Bénéficiaires: consommateurs, citoyens, agriculteurs
- Gérant du projet: La municipalité, Ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires
- Commission, control de qualité: Comité National de l'eau
- Equipe opérationnelle: Ingénieurs en génie civil
- Equipes de maintenance: STP construction

- bénéficiaire : agriculteurs, arboriculteurs, éleveurs, maraichers, particuliers, habitants, environnement, ...
- gérants du projet : particuliers
- Commission, control de qualité : vétérinaires
- équipe opérationnelle : vétérinaires, particuliers, éducateurs
- équipe de maintenance : particuliers
- partenaires et financeurs : chambre d'agriculture, communes, organismes comme paturajuste, région,

Immersion

Récolter de l'information sur un sujet à résoudre

Figure

Initiative 2 : Biomig_roots

Vers une analyse assistée des problématiques industrielles



Powered by
BiOMIG

Immersion

Récolter de l'information sur un sujet à résoudre

Clustering

Organiser les éléments en groupes cohérents

IMMERSION	CLUSTERING	PROBLEM TREE	CAUSAL TREE	MATRIX
FLOW	TABLE			
	Cluster	Items		
Cluster 1: Stakeholders and Teams		- Bénéficiaire: agriculteurs, arboriculteurs, éleveurs, maraichers, particuliers, habitants, environnement - Commission, control de qualité: vétérinaires		
- Gérants du projet: particuliers				
Cluster 2: Partners and Funders		- Partenaires et financeurs: chambre d'agriculture, communes, organismes comme naturajuste, région		
Cluster 3: Site and Environment		- Parcelle (ancien verger et pelouse)		
Cluster 4: Species and Resources		- Espèces animales: ovin, volaille, insectes - Espèces végétales: arbres fruitiers - Météorologie et climat		
Cluster 5: Design and Implementation				
- Clôture amovible simple ou électrifiée				
- Collier électrifié pour les contraindre à un espace défini				
- Besoin d'installations concomitant				
Les animaux agissent en inadéquation avec le plan de gestion humain				
Les animaux fuient				
Cluster 8: Experimental Aspect		- Pour faire cohabiter des espèces végétales (arbres fruitiers) et animales (ovins, insectes, volaille) - Pour contrôler la dégradation des espèces végétales par les espèces animales		
Note: Some items could fit into multiple clusters, so the clustering is subjective and can be adjusted based on the specific context and goals of the engineering challenge.				
Les animaux fuient				
Management de l'espace		- Équipe opérationnelle: vétérinaires, particuliers - Équipe de maintenance: particuliers - Surface de 10 000m ² morcelée - Proximité avec la forêt - Présence d'habitats humains - Rivière - Gestion des ressources (eau - abreuvement - arrosage - réservoirs, nutriments) - Systèmes de séparation d'espaces des populations - Limiter la mise en place et maintenance - Minimiser l'investissement (temps, ressources) - Flexibilité des distributions des parties prenantes - Croissance de l'espace (temps long, plusieurs années) - Variabilités saisonnières - Maîtriser les mouvements de population (temps court) - Terrain d'expérimentation - Solutions existantes non testées/souhaitées - Faciliter la gestion et interaction des animaux dans une parcelle cultivée en autorisant la flexibilité		
Group 1		- Cohabitation d'espaces - Impact sur la biodiversité - Impact sur la qualité de vie pour la faune et flore - Faciliter la gestion et interaction des animaux dans une parcelle cultivée en autorisant la flexibilité		

Figure

Initiative 2 : Biomig_roots

Vers une analyse assistée des problématiques industrielles



Powered by
BiOMig

Immersion

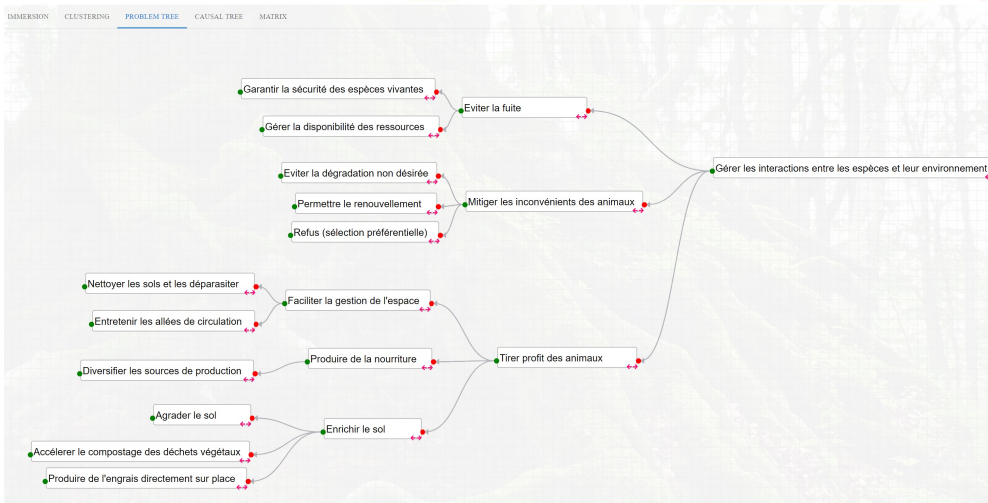
Récolter de l'information sur un sujet à résoudre

Clustering

Organiser les éléments en groupes cohérents

Analyse de problème

Comprendre les besoins derrière le problème à résoudre



Figure

Initiative 2 : Biomig_roots

Vers une analyse assistée des problématiques industrielles



Powered by
BiOMig

Immersion

Récolter de l'information sur un sujet à résoudre

Clustering

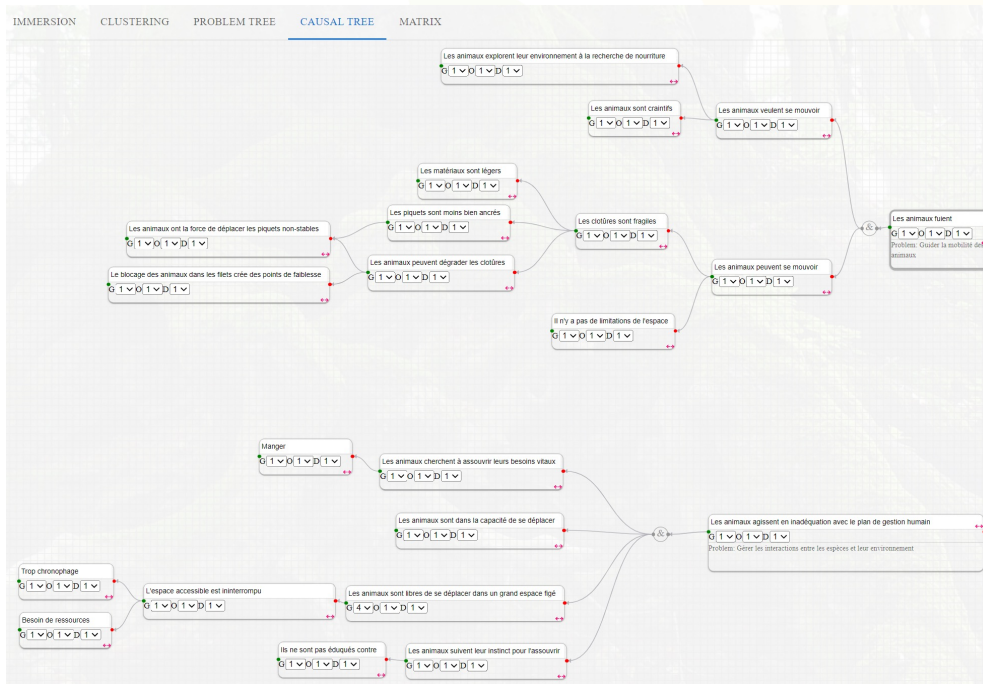
Organiser les éléments en groupes cohérents

Analyse de problème

Comprendre les besoins derrière le problème à résoudre

Analyse de causalité

Remonter l'arbre de causalité



Figure

Initiative 2 : Biomig_roots

Vers une analyse assistée des problématiques industrielles



Immersion

Récolter de l'information sur un sujet à résoudre

Clustering

Organiser les éléments en groupes cohérents

Analyse de problème

Comprendre les besoins derrière le problème à résoudre

Analyse de causalité

Remonter l'arbre de causalité

Matrice multicritère

Evaluer et classer les meilleures pistes pour résoudre le problème

			Effort					Impact			
Besoin	Problème	Cause	Autonomie	Temps	Ressources	Maturité	Mean Effort	Efficacité	Alignement	Potentiel	Mean Impact
<input type="checkbox"/>	Guider la mobilité des animaux	Les animaux fuient	3▼	2▼	2▼	3▼	2.5	1▼	1▼	2▼	1.3
<input type="checkbox"/>	Gérer les interactions entre les espèces et leur environnement	Les animaux agissent en inadéquation avec le plan de gestion humain	1▼	2▼	3▼	1▼	1.8	2▼	3▼	2▼	2.3

Figure



Initiative 3 : Biomig_search

Vers une fouille assistée de la littérature

BiOMIG_search:

- Moteur de recherche sur la littérature scientifique
- Spécialisé en biomimétisme
- Facilite l'identification des organismes vivants sous des angles fonctionnels
- Approche "Technology Pull" dans une optique de résolution de problèmes industriels



Figure

Initiative 3 : Biomig_search

Travaux en IA/BigData

Avantages pour le biomiméticien:

- Corpus spécialisé filtré par IA: 2 millions articles
- Résultats environ 2x plus pertinents par rapport aux moteurs de recherches non-spécialisés*

The screenshot displays the Biomig_search interface with a search bar containing the query "sea water filtering and purification mechanism in nature". The results are listed in a table-like format with the following entries:

Article Title	Year	Journal	Article Type	Authors	Links
Supported Lipid Bilayer Membranes for Water Purification by Reverse Osmosis	2010	Langmuir	article	Y. Kaufman; A. Berman; V. Freger	Abstract, Topics, Biological Models
Aquaporins: A Multidisciplinary Perspective on The Water Channel Proteins	2020	Acta Medica	article	G. Alp; I. Boşgelmez; Y. Oztas	Abstract, Topics, Summary, Biological Models
Forward Osmosis in Wastewater Treatment Processes	2017	Acta Chimica Slovenica	article	J. Korenak; S. Basu; M. Balakrishnan	Abstract, Topics, Summary, Biological Models
Bioinspired Materials for Water Purification	2016	Materials	article	A. González-Pérez; K. Persson	Abstract, Topics, Summary, Biological Models
A New Flow-Regulating Cell Type in the Demosponge Tethya wilhelma – Functional Cellular Anatomy of a Leuconoid Canal System	2014	PLOS ONE	article	J. Hammel; M. Nickel	Abstract, Topics, Biological Models
Efficiently Combining Water Reuse and Desalination through Forward Osmosis—Reverse Osmosis (FO-RO) Hybrids: A Critical Review	2016	Membranes	article	G. Blandin; A. Verliefde; J. Comas	Abstract, Topics, Summary, Biological Models
Osmotic and ionic regulation in fish and the role of gills	2000		article	M. Lustek	Abstract, Topics, Biological Models
Can Stabilization and Inhibition of Aquaporins Contribute to Future Development of Biomimetic Membranes?	2015	Membranes	article	J. To; J. Torres	Abstract, Topics, Summary, Biological Models
A Comprehensive Review on Forward Osmosis Water Treatment: Recent Advances and Prospects of Membranes and Draw Solute	2022	International Journal of Environmental Research and Public Health	article	Y. Xu; Y. Zhu; Z. Chen	Abstract, Topics, Summary, Biological Models
AQUAPORINS AND WATER PERMEABILITY OF PLANT MEMBRANES	1997	Annual review of plant physiology and plant molecular biology	journal-article	C. Maurel	Abstract, Topics, Biological Models

At the bottom of the page, there is a pagination bar showing page 1 of 71.



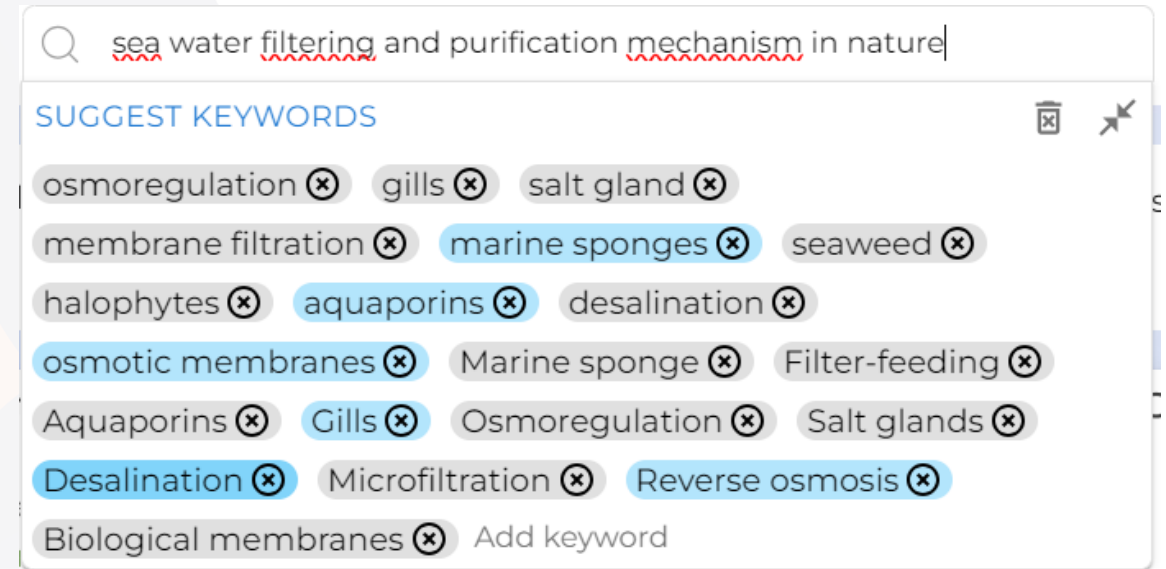
* Évaluation systématique sur un ensemble sujets biomimétiques. Article en pre-print actuellement.

Initiative 3 : Biomig_search

Travaux en IA/BigData

Avantages pour le biomiméticien:

- Corpus spécialisé filtré par IA: 2 millions articles
- Résultats environ 2x plus pertinents par rapport aux moteurs de recherches non-spécialisés*
- Expansion sémantique par IA sur le sujet de recherche



* Évaluation systématique sur un ensemble sujets biomimétiques. Article en pre-print actuellement.

Initiative 3 : Biomig_search

Travaux en IA/BigData

Avantages pour le biomiméticien:

- Corpus spécialisé filtré par IA: 2 millions articles
- Résultats environ 2x plus pertinents par rapport aux moteurs de recherches non-spécialisés*
- Expansion sémantique par IA sur le sujet de recherche
- Suggestion automatique de modèles biologiques par IA

AQUAPORINS AND WATER PERMEABILITY OF PLANT MEMBRANES ☰+
1997 · Annual review of plant physiology and plant molecular biology · journal-article ·
C. Maurel
[Abstract](#) ^ [Topics](#) ^ [Biological Models](#) v
Model: Plant
Function: Water permeability of plant membranes
Strategy: Aquaporins - a class of water channel proteins responsible for transporting water molecules across plant membranes

Model ideas
Short on ideas? Browse through the 15,000 AI-generated model ideas!
You can **filter** via the provided search bar and **check-out** **research papers** on any topic you chose via the **search button**.

Q hydroph

Model	Idea
Q Green sea turtle (Chelonia mydas)	Hydrophobic surfaces
Q Beetles with hydrophobic surfaces	Water collection and retention - extracting water from humid air
Q Starfish	Superhydrophobicity and self-cleaning
Q Lotus flower	Superhydrophilic and self-cleaning surfaces
Q Dragonfly wings	Hydrophobic and self-cleaning surfaces
Q Alligator skin	Bacterial resistance and surface hydrophobicity
Q Beavers	Hydrophobic fur for hormone-tracking sensors
Q Trollius flower	Hydrophilic surfaces for water collection.

* Évaluation systématique sur un ensemble sujets biomimétiques. Article en

Initiative 3 : Biomig_search

Travaux en IA/BigData

Avantages pour le biomiméticien:

- Corpus spécialisé filtré par IA: 2 millions articles
- Résultats environ 2x plus pertinents par rapport aux moteurs de recherches non-spécialisés*
- Expansion sémantique par IA sur le sujet de recherche
- Suggestion automatique de modèle biologique par IA
- Filtres avancés et adaptés au biomimétisme
- Compte utilisateur pour gérer ses projets

The screenshot displays the Biomig_search interface. At the top, there are search filters for Year, Journal, Topics (with a dropdown arrow), Species, Type, Open Access, and Full Text. Below these, a list of selected topics is shown: Biology, Materials science, Physics, Chemistry, Environmental science, cyanobacteria, common wall cress, and butterflies. The main content area is titled "Photoprotection" and lists several papers. Below the papers, there are buttons for "EXTRACT MODELS" and "HTML EXPORT REPORT". A section titled "Models" lists several extracted models with their functions, strategies, and sources. At the bottom of the interface, there is a blue button labeled "+ NEW PROJECT".

* Évaluation systématique sur un ensemble sujets biomimétiques. Article en pre-print actuellement.

Initiative 3 : Biomig_search

Périmètre et complémentarité

BiOMIG_search: "Technology Pull"

Bioinspire-Explore: "Biology Push"



Bioinspire Explore : Exploration des données de biodiversité pour soutenir l'innovation bioinspirée, Mycéco Juillet 2023)



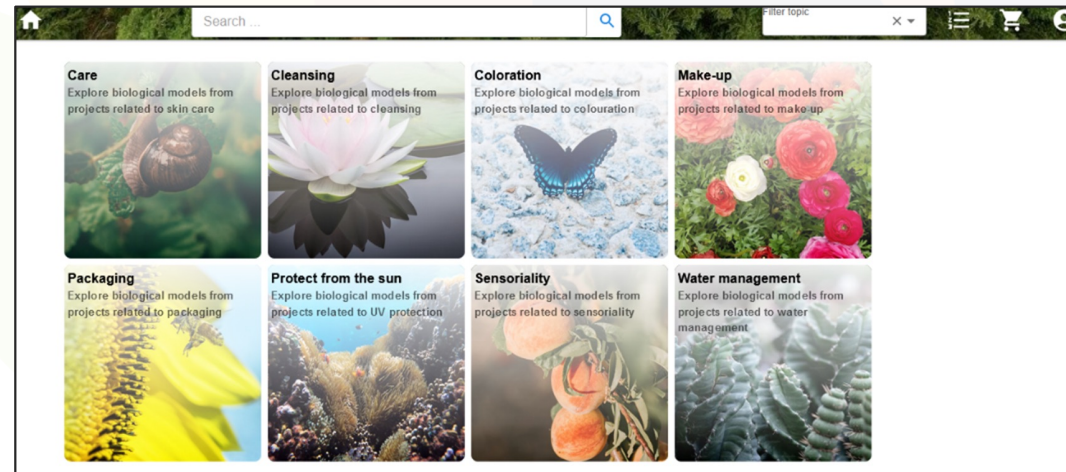
Initiative 4: Biomim' database

Conserver et partager une donnée métier

L'ORÉAL

Search by **functional** challenge

Explore **biological models**



Connect with **other databases**
and internal portfolio

Connect with **external partners**
academics, start-ups

24/10/2023





**Session interactive: Chercher un
modèle biologique**

03



Fouiller la donnée pour le biomimétisme

Mise en pratique (25'):

pour chacun de ces sujets, chercher un article intéressant, essayer d'identifier un modèle biologique pertinent, pour pouvoir en parler à ses voisins.

Site: biomig-search.com

Sujet/Thématique	Outil utilisé	Article intéressant	Modèle Biologique
Dépolluer les sols	Biomig search	Auteur et al. Scientific reports 2023	Champignon <i>Russula russula</i>
Concevoir un bâtiment compatible avec des vents forts			
Inventer une station de filtrage de l'eau de mer			
Les moustiques tigres			
Les couches-culottes posent un problème écologique			
J'ai trop chaud dans mon bureau.			

Présentation des modèles trouvés





Discussion

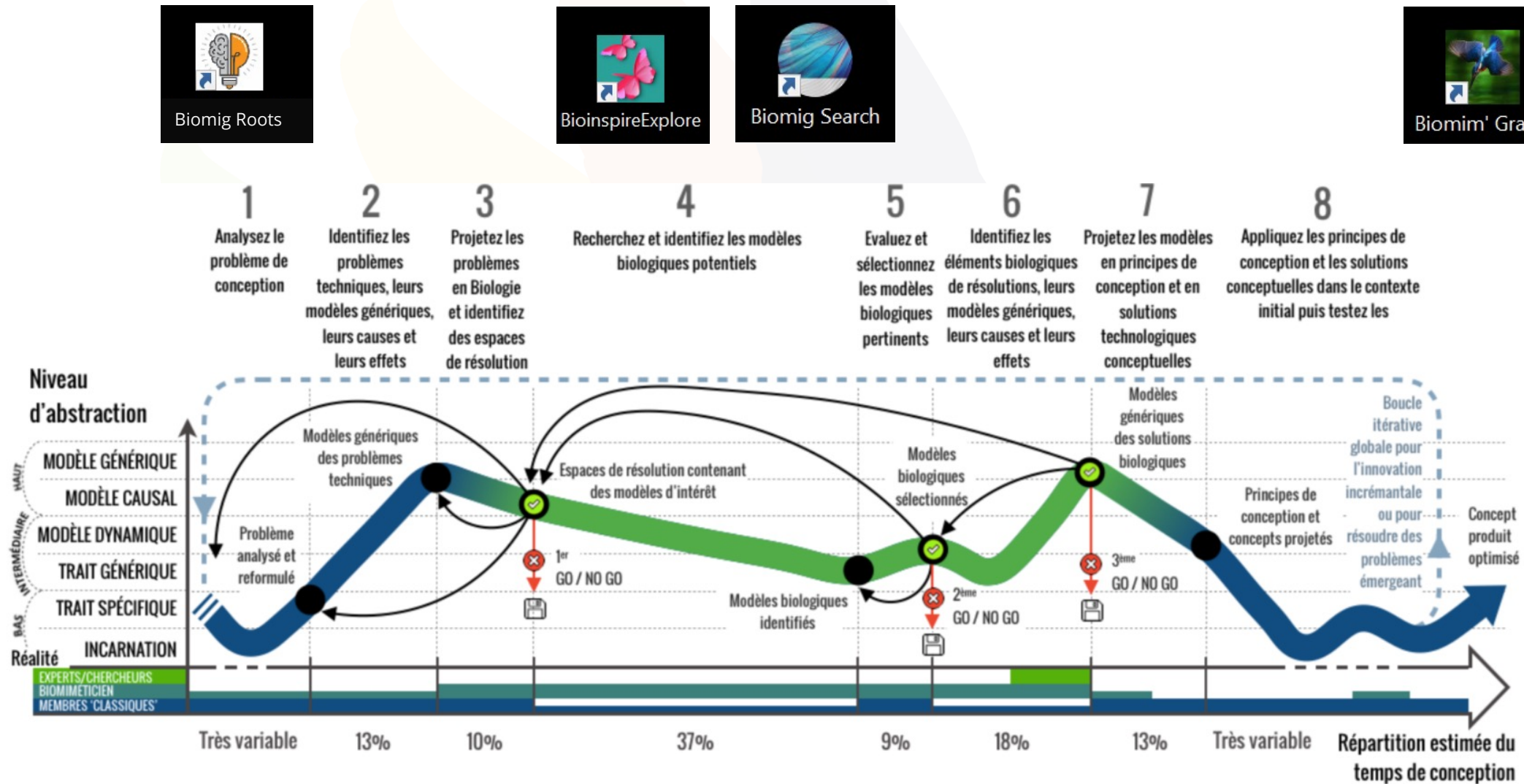
Mot de conclusion

04



Vue d'ensemble

La démarche biomimétique accompagnée par l'IA à plusieurs étapes





Merci !

Nikolay Tchakarof
&
Adrien Saint-Sardos