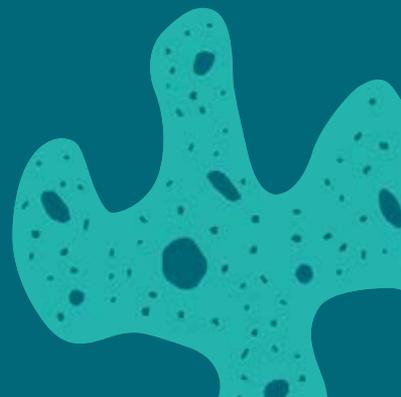


# INVISIBLES

Au cœur du minuscule

FLEURY Pauline  
Mention graphisme  
DSAA In Situ Lab  
Lycée le Corbusier



# INVISIBLES

Au cœur du minuscule

# SOMMAIRE

<b>Remerciements</b> .....	<b>6</b>
<b>Préambule</b> .....	<b>8</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>12</b>
<b>La microbiologie aquatique</b> .....	<b>15</b>
Qu'est-ce que la microbiologie aquatique? .....	16
Une science en perpétuelle évolution .....	27
Préserver la biodiversité : un enjeu écologique .....	38
<b>Initier à la microbiologie aquatique par des dispositifs qui révèlent l'invisible</b> .....	<b>43</b>
Transmettre aux plus jeunes .....	44
Transmettre la biodiversité par l'art .....	49
Révéler l'invisible par des dispositifs sensoriels .....	56
<b>Conclusion</b> .....	<b>66</b>
<b>Bibliographie &amp; Sitographie</b> .....	<b>68</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>74</b>

# REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier l'ensemble de mes professeurs de l'In Situ Lab pour m'avoir accompagnée tout au long de ma formation, et en particulier Bruno Lavelle, Gwénaëlle Plédran et Mireille Diestchy pour m'avoir aidée, conseillée et soutenue dans l'écriture de mon mémoire.

Mes remerciements vont aussi à Jonathan Colombet qui m'a apporté beaucoup d'aide dans ma démarche de recherche.

Je remercie également ma collaboratrice Justine Baillet ainsi que Jeanine Roser, directrice du périscolaire de Preusdorf, qui nous a chaleureusement accueillies et qui soutient l'élaboration de notre projet.

Merci à Romain Colombet, à tous mes amis et ma famille qui me soutiennent au quotidien.

# PRÉAMBULE

## Octobre 2023 - Preuschdorf

Cher journal,

Pour la première fois, je suis allée à *la Cachette* avec ma famille. C'est un centre pour les enfants de mon âge sur le thème des animaux microscopiques. Quand nous sommes arrivés, nous avons découvert une grande pièce colorée. Il y avait des animateurs et des scientifiques en blouse blanche, j'avais l'impression d'être dans un dessin animé. Les autres enfants faisaient plein d'activités et de jeux. J'avais envie d'aller les rejoindre mais je devais patienter.

Une grande dame nous a présenté *la Cachette*. Elle avait une queue de cheval avec de longs cheveux bruns et portait des lunettes rondes avec une blouse blanche. Elle avait l'air sévère au premier abord mais finalement elle m'a tout de suite guidé vers un espace de jeux avec d'autres enfants de mon âge. Avec moi, il y avait une autre petite fille qui s'appelait Léa, elle m'a dit qu'elle était en CE2 elle aussi. La grande dame s'est présentée et elle a expliqué son travail. J'ai compris qu'elle était scientifique et qu'elle faisait des recherches sur le monde microscopique de l'eau dans un laboratoire. Elle venait de temps en temps à *la Cachette* pour expliquer son travail et les aider pour les expositions. Après ses explications, nous avons commencé un jeu, il fallait retrouver quels micro-organismes se cachent dans une goutte d'eau. Il y avait un plateau de jeu en forme de goutte d'eau avec des cartes indices pour retrouver chacun de ces animaux minuscules.

Nous avions un grand bac d'eau rempli avec l'eau de la rivière Sauer qui passe près de ma maison. Avec un liquide créé par des scientifiques, nous avons pu faire l'expérience d'agrandir les micro animaux pour trouver les réponses au jeu. J'étais tellement surprise de voir ces petites bêtes en grand, elles avaient des formes que je n'avais jamais vues. Certains ressemblaient à des insectes, ils me faisaient peur. Mais d'autres étaient vraiment beaux, je ne pensais pas que des êtres vivants pouvaient avoir ces formes-là. Je découvrais un monde que je ne connaissais pas encore avec beaucoup de formes différentes. Ce qui m'a le plus surpris, c'est que les micro-organismes n'ont pas de couleurs, ils sont transparents. J'ai toujours pensé qu'un virus était rouge ou alors qu'une bactérie était verte mais ce n'est pas le cas. J'ai trouvé ça vraiment intéressant car j'ai appris plein de choses. La scientifique nous a aussi expliqué que ces animaux microscopiques ont participé au développement durable de la Sauer. Ils sont très importants pour les humains. Sans eux, nous ne pourrions pas respirer. Toutes ces choses sont fascinantes ! Dorénavant, je ne verrai plus les verres d'eau de la même manière.

Ce que j'ai adoré à *la Cachette* c'est que j'ai pu faire plusieurs activités à la suite, après avoir joué aux jeux de société j'ai pu découvrir une pièce étonnante, qui me faisait penser aux parcs d'attractions. Je pouvais voyager

dans le monde des micro-organismes comme si j'en étais un. La pièce était remplie d'illustrations colorées. Quand je suis rentrée dans la pièce, je me voyais comme transformée en animal minuscule, j'étais dans la peau d'un tardigrade. C'est un animal quasiment immortel et qui s'appelle aussi l'ourson d'eau. Quand je regardais mon corps et quand je bougeais, je voyais les huit pattes de l'animal, c'était tellement étrange mais amusant. Je pouvais lui faire les mouvements que je voulais, je rigolais tellement avec mes parents, nous étions tous devenus des tardigrades. Ces illustrations me donnaient l'impression d'être le personnage d'un dessin animé. On avait la vision du paysage autour de nous. Comme cet animal vit dans l'eau, on pouvait voir des algues de très près, cela ressemblait à de longs fils verts. Je ne pensais pas qu'une algue pouvait ressembler à ça. J'ai toujours pensé que j'étais minuscule. Quand on est enfant on nous répète souvent "tu es trop petite, tu verras quand tu seras grande". Mais finalement je me suis rendu compte que j'étais grande en taille comparée à ces petites bêtes.

Ensuite, j'ai pu être dans la peau d'autres animaux microscopiques comme le protozoaire. C'était rigolo, car puisqu'il n'a pas de bras et de jambes, je ne me voyais que d'une seule forme. J'avais de longs poils autour de mon corps. Quand je me déplaçais, ils guidaient mes mouvements, c'était incroyable de comprendre comment vivent et bougent ces animaux. Ce que j'ai apprécié, c'est que j'ai pu être dans la

peau de plusieurs micro-organismes, je pouvais choisir celui que je voulais et me mettre dans sa peau !

Après être sortie de la pièce magique, des grandes personnes en blouse blanche m'ont dirigée vers la partie arts plastiques de la Cachette. J'ai pu faire des exercices de dessins et de collage. À la maison je dessine souvent, j'aime beaucoup ça, mais je trouve qu'à l'école la maîtresse ne nous laisse pas le faire assez souvent ! J'ai l'habitude de dessiner ma maison ou bien ma famille mais aujourd'hui j'ai dessiné des micro-organismes. Je devais imaginer des petites bêtes qui vivent dans une seule goutte d'eau. J'ai essayé de les dessiner à partir du souvenir que j'en avais. J'ai pu utiliser des crayons que je n'ai pas chez moi comme les craies grasses et des feutres fluorescents. Puisque ces petits êtres vivants sont transparents, je ne savais pas trop quelles couleurs utiliser. Mais c'était vraiment chouette de pouvoir dessiner ce que je voulais, je préfère ça que de passer la journée à l'école à écouter le cours de sciences ! J'aimerais bien retourner à la Cachette avec ma meilleure amie Alice.

*Récit prospectif*



# INTRODUCTION

## Octobre 2020 - Preuschkdorf

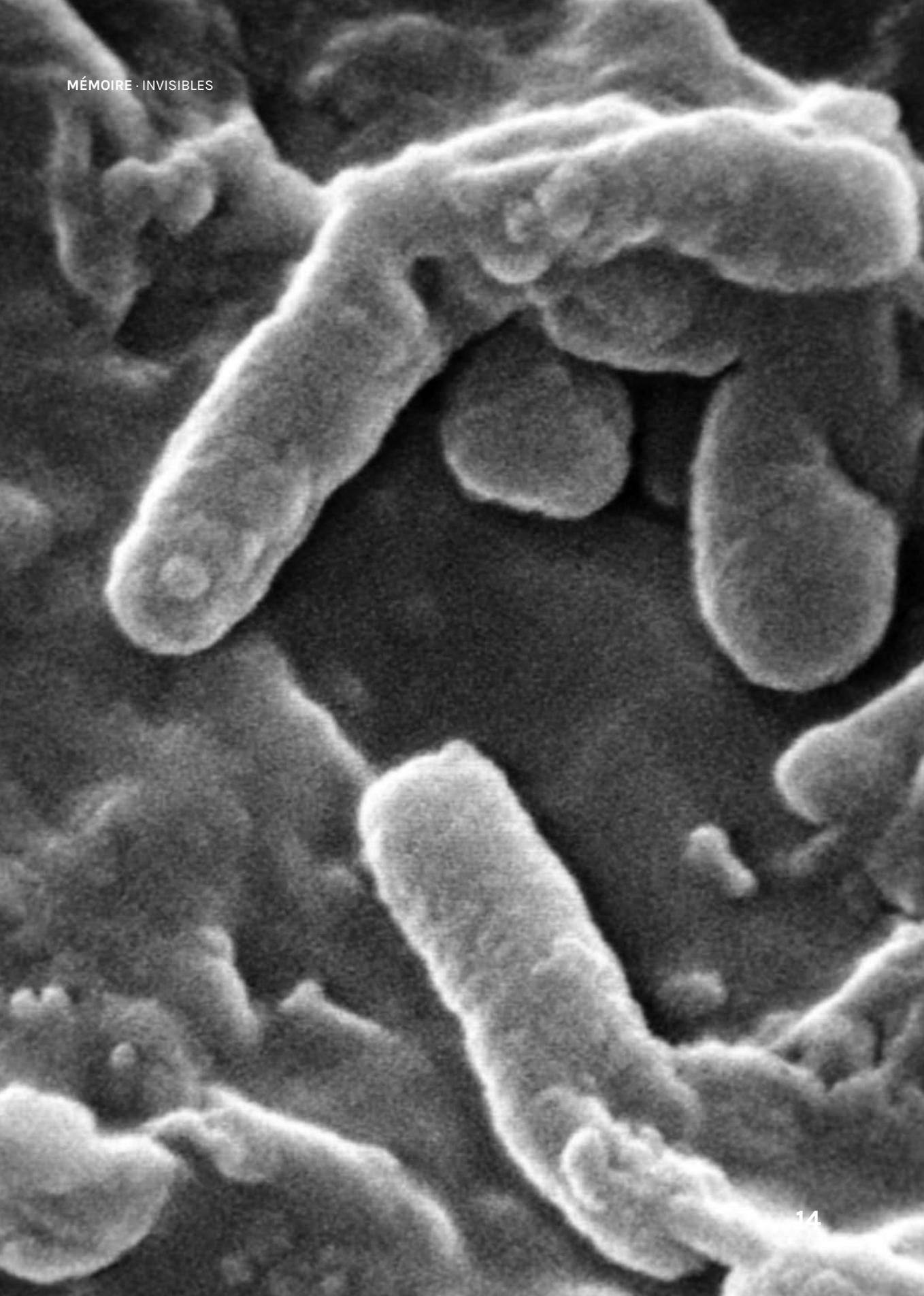
Dans le cadre du workshop S'bokal<sup>1</sup>, abordant la thématique de la conservation alimentaire, j'ai découvert la communauté de communes de la Sauer-Pechelbronn, située dans le nord du Bas-Rhin. C'est sur ce territoire que mon projet de diplôme s'inscrit. Durant cette semaine, j'ai pu explorer le terrain en me promenant. J'ai ainsi remarqué qu'il était riche en cours d'eau, cela a précisé la thématique de mon projet de diplôme. J'avais déjà l'envie de travailler sur la thématique de l'infiniment petit. Nous avons la sensation de perdre nos marques face à un monde que nous ne pourrions jamais voir de nos propres yeux et qui passe le plus souvent par des représentations. En alliant les deux, j'ai donc eu l'envie de me concentrer sur la vie microscopique aquatique. Mon projet, *la Cachette*, mené en collaboration avec Justine Baillet, repose sur l'hypothèse de la création d'un centre de découverte scientifique qui initiera les enfants à la microbiologie grâce à des

dispositifs pédagogiques et ludiques. Transmettre ce monde invisible aux enfants permet de découvrir l'invisible dès le plus jeune âge. Pour donner corps à ce projet, nous avons collaboré avec le périscolaire de la commune de Preuschkdorf tout au long de notre démarche de recherche.

Dans un premier temps, j'ai axé mes recherches sur la microbiologie aquatique. Cela s'articule tout d'abord par une introduction à cette science en constante évolution. Enfin, la microbiodiversité apparaît comme un enjeu écologique pour le futur. Puis, je me suis intéressée à la transmission de celle-ci par des dispositifs pédagogiques qui révèlent l'invisible. Mes recherches se concentrent sur la transmission des micro-organismes aux plus jeunes, notamment grâce à l'art. Enfin, des dispositifs sensoriels permettent de révéler ces formes de vie microscopiques.

**Ainsi, je m'interroge : comment initier et sensibiliser les plus jeunes à la microbiodiversité par le design graphique dans le territoire de la Sauer-Pechelbronn ?**

1. Workshop du 12 au 16 octobre 2020, qui proposait un écosystème de projets sur la thématique de la conservation alimentaire.



# 1. LA MICROBIOLOGIE AQUATIQUE

## Qu'est-ce que la microbiologie aquatique ?

### Introduction à la microbiologie

La microbiologie aquatique est l'étude des micro-organismes vivant dans les eaux naturelles. Ce sont des organismes vivants minuscules, étymologiquement ce sont des petits organismes. Laurent Palka<sup>2</sup> évoque cela dans l'ouvrage collectif *Microbiodiversité*<sup>3</sup> :

*“L'organisme se conçoit quelle que ce soit l'échelle mais dès lors qu'on descend en dessous du millimètre, on ajoute le préfixe micro, comme pour distinguer à tout prix deux mondes, le visible et l'invisible : à l'échelle microscopique, on parle donc de micro-organisme ou microbe”.*

Enseignant-chercheur à la Sorbonne à Paris, Laurent Palka a notamment axé ses recherches sur la microbiologie.

Il existe une très grande diversité d'espèces de micro-organismes vivants présents partout dans le monde. Au niveau de l'échelle, les plus petits sont les virus (Fig. 1) qui font moins de 0,2 micron environ, c'est-à-dire un millionième de mètre. Ce sont des agents infectieux qui nécessitent un hôte, une cellule pour pouvoir se dupliquer. Les virus n'ont pas toujours été considérés comme des micro-organismes mais selon le chercheur Jonathan Colombet<sup>4</sup>, ingénieur d'étude dans un laboratoire à Clermont-Ferrand, *“on pourrait considérer les virus comme des êtres vivants car la définition du vivant c'est la reproduction autonome”*<sup>5</sup>

À l'échelle au-dessus, il y a les procaryotes : les bactéries (Fig. 2) et les archées qui mesurent environ entre 1 à 10 µm (micron). Il s'agit de micro-organismes unicellulaires qui ne comportent ni noyau ni organite membranaire. De plus, il existe aussi les eucaryotes, ce

sont des organismes qui comportent un noyau. Il y a deux sortes d'eucaryotes : les unicellulaires qui possèdent une seule cellule à l'instar des protozoaires (Fig. 3), des champignons, des levures et des micro-algues (Fig. 4) (qui mesurent entre 1-10 µm et 10-100 µm) ; et les eucaryotes pluricellulaires tels que les tardigrades et les rotifères qui peuvent mesurer jusqu'à quelques millimètres (Fig. 5).

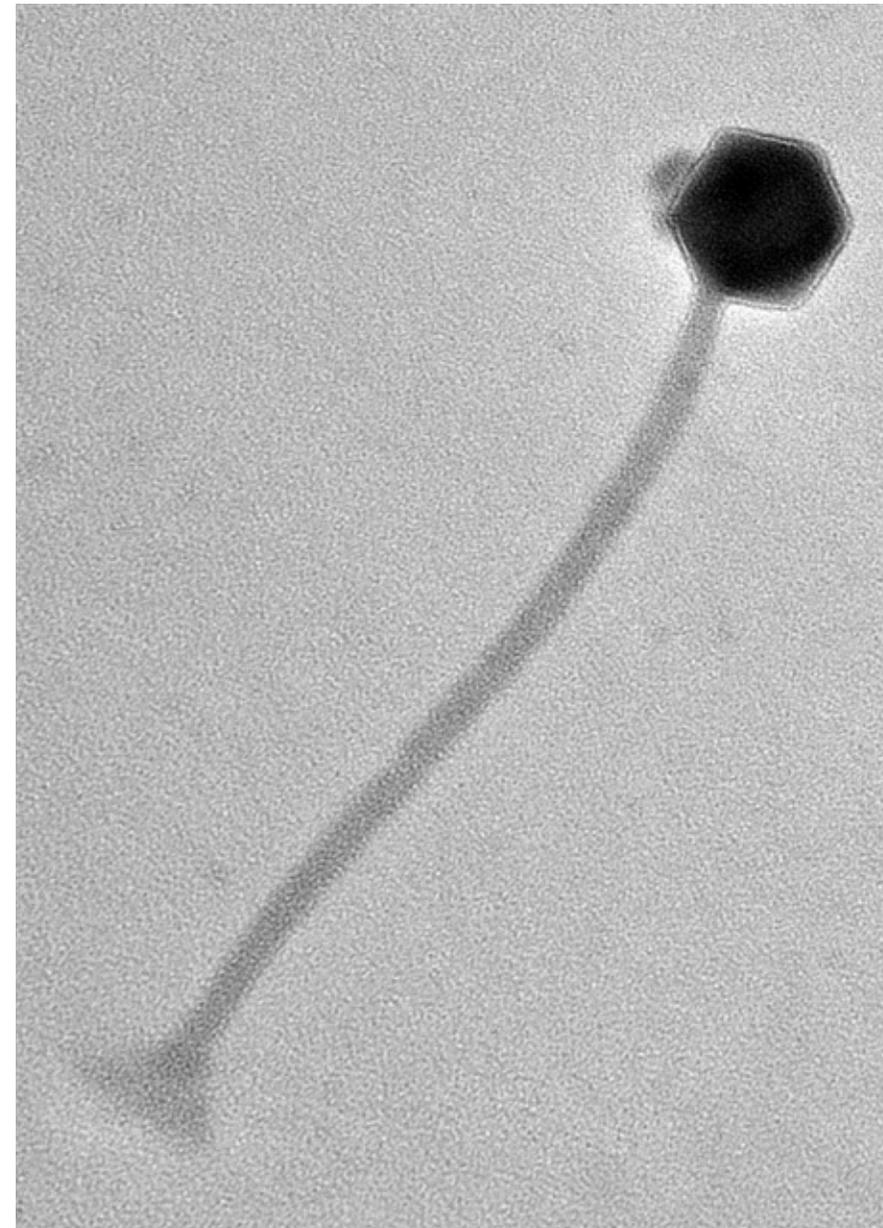


Fig. 1 : Image d'un bactériophage (virus) du laboratoire *Microorganismes : Génome et Environnement*, réalisé au microscope électronique.

2. Laurent Palka, Enseignant-chercheur à la Sorbonne à Paris, correspondant du CESCO à la Fédération Ile-de-France de Recherche sur l'Environnement.

3. Ouvrage collectif, Sous la direction de Laurent Palka, *Microbiodiversité, un nouveau regard*, Paris, Éditions Matériologiques, 2018, page 105.

4. Chercheur et ingénieur d'étude au laboratoire *Microorganismes : Génome et Environnement* de Clermont-Ferrand.

5. Issu d'un entretien avec Jonathan Colombet.

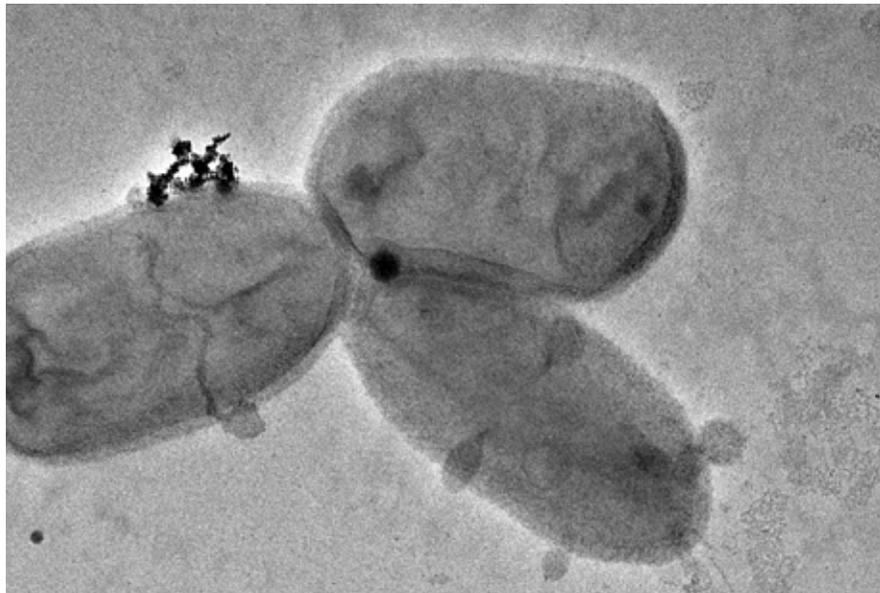


Fig. 2 : Image de bactéries du laboratoire *Microorganismes : Génome et Environnement*, réalisé au microscope électronique.

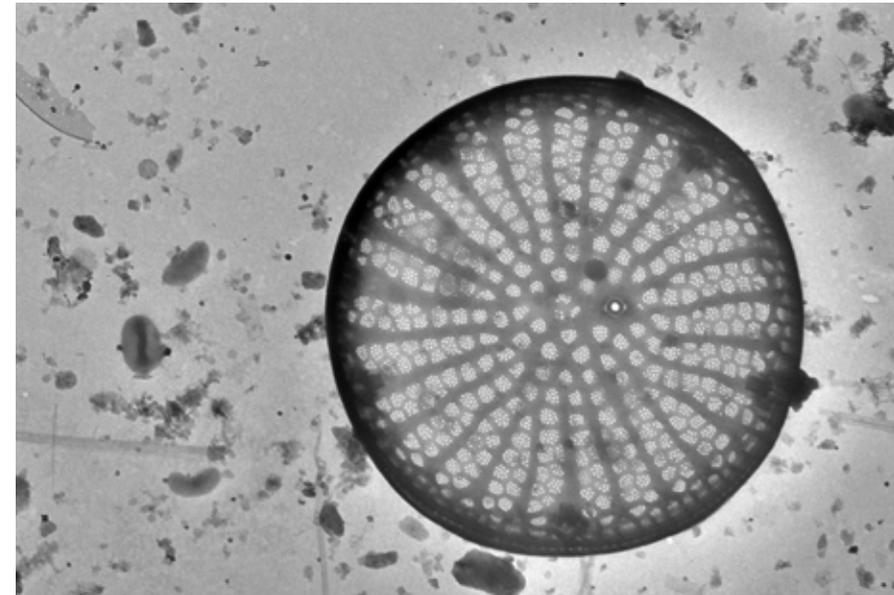


Fig. 4 : Image d'une diatomée du laboratoire *Microorganismes : Génome et Environnement*, réalisé au microscope électronique.



Fig. 3 : Image d'une paramécie du laboratoire *Microorganismes : Génome et Environnement*, réalisé au microscope à épifluorescence.



Fig. 5 : Image d'un copépode du laboratoire *Microorganismes : Génome et Environnement*, réalisé à la loupe binoculaire.

### L'observation des micro-organismes

Ces formes de vie microscopiques sont invisibles à l'œil nu. Il existe donc des outils pour les observer et aussi pour les donner à voir. Certains outils techniques ont été développés pour observer ces animaux microscopiques. La microbiologie est une science qui a connu des découvertes relativement progressives. Dès l'antiquité, les individus comprenaient qu'il existait des agents infectieux ainsi que des éléments qui faisaient pourrir la nourriture sans savoir exactement de quoi il s'agissait, Aristote<sup>6</sup> désigne cela comme la "génération spontanée"<sup>7</sup>. Il s'agit d'une théorie scientifique qui suppose l'apparition d'organismes sans ascendant à partir de la matière inanimée. En 1665, grâce à l'invention du premier microscope *occholino* (Fig. 6), le philosophe Robert Hooke<sup>8</sup> examine la reproduction de moisissures. Il a été le premier à découvrir l'existence des micro-organismes et de leurs cellules. Puis, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, Louis Pasteur<sup>9</sup> a mis en évidence le rôle des micro-organismes dans la propagation des maladies. Il a consacré sa carrière à la microbiologie et il a notamment réalisé des fermentations. Il a constaté que celles-ci sont dues à un organisme vivant. Pasteur a démontré que la théorie de la génération spontanée énoncée par Aristote n'était pas possible, en prouvant que les microbes ne pouvaient pas se développer en partant de rien.

Aujourd'hui, les outils d'observation des micro-organismes sont de plus en plus performants. Une loupe permet d'avoir un grossissement de l'ordre de trois à dix fois de l'organisme observé. Mais, l'outil le plus précis est le microscope. Il en existe de différentes tailles qui permettent d'observer les plus petites formes de vie. Plus le microscope est gros, plus les êtres vivants qu'on observe sont petits. C'est le cas de celui du laboratoire de Clermont-Ferrand *Micro-organismes Génomes et environnement* dans lequel se trouve un microscope électronique de plus de 2 m de haut (Fig. 7). Pour obtenir des images, on n'utilise pas des rayons lumineux, mais des électrons. On parle alors de microscope électronique.

Ces outils techniques permettent de donner à voir ces formes de vie par l'image. Ainsi, des artistes et designers se sont emparés de ces images pour révéler les micro-organismes dans le domaine de l'illustration et du design. À l'instar de l'artiste Rebecca D. Harris<sup>10</sup> avec son œuvre *Symbiosis* (Fig. 8) qui dévoile le microbiome du corps humain d'une femme enceinte par la technique de la broderie. Pour mener à bien ce projet, elle a collaboré avec un microbiologiste. Certains artistes ont pu également donner à voir les micro-organismes avec le format de vidéos grand public.

6. Aristote, philosophe grec de l'Antiquité, disciple de Platon.  
7. Notion aristotélicienne devenue désuète.  
8. Robert Hooke, scientifique et philosophe du XVII<sup>e</sup> siècle.  
9. Louis Pasteur, scientifique pionnier de la microbiologie.  
10. Rebecca D. Harris : artiste britannique.



Fig. 6 : Occholino, premier microscope créé en 1665 par l'opticien hollandais Hans Janssen et son fils Zacharias Janssen.



Microscope datant du XVII<sup>e</sup> siècle.



Fig. 7 : Microscope du laboratoire LMGE de Clermont- Ferrand.

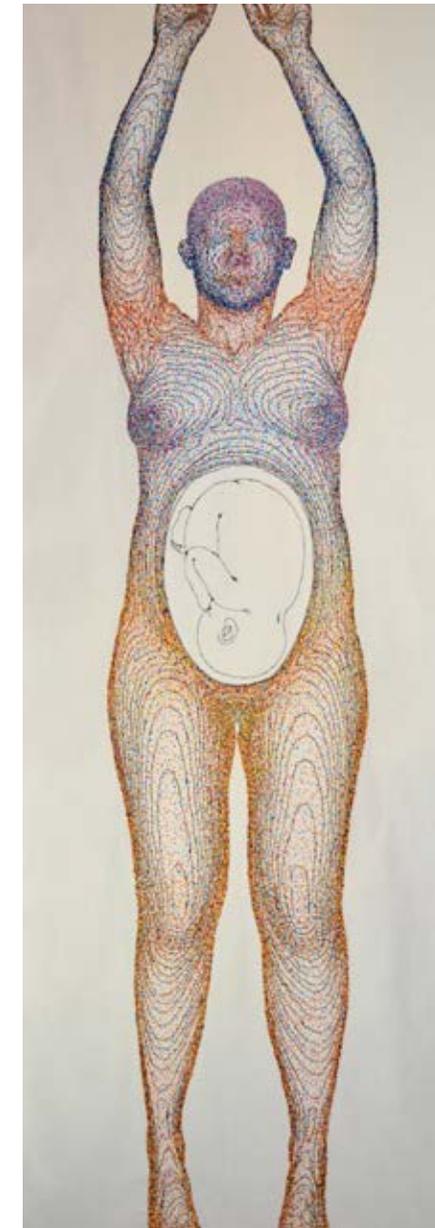


Fig. 8 : Rebecca D. Harris, Symbiosis, 2015.

## Les micro-organismes aquatiques

J'ai souhaité axer mes recherches sur l'eau, très présente sur Terre, car elle représente environ 71 % de la surface du globe. Il existe certains micro-organismes spécifiques aux milieux aquatiques qui ne vivent pas dans les milieux terrestres. Certains vivent dans la forme liquide de l'eau mais également dans la forme solide ou gazeuse. Dans les systèmes aquatiques, les micro-organismes font en majorité partie du phytoplancton<sup>11</sup>. Étymologiquement, le mot phytoplancton signifie "plante qui erre". Il représente 99% de la vie aquatique. Il s'agit de l'ensemble des plantes principalement microscopiques de l'eau qui vivent en suspension. C'est un groupe très diversifié en termes d'espèces car il existe plus de 25 000 types de phytoplanctons différents. Le documentaire *The secret life of*

*plankton* (Fig. 9) réalisé par les conférences TED explique au grand public le début d'une vie d'un poisson sous forme de larve et l'écosystème qui l'entoure. Ce monde invisible aquatique démontre une diversité étonnante : "Une cuillère à café d'eau de mer peut contenir plus d'un million de créatures vivantes".

Par exemple, les diatomées, de leur nom grec *Bacillariophyta*, sont des embranchements de micro-algues, ce sont des eucaryotes unicellulaires. Les diatomées sont les micro-organismes les plus répandus dans tous les milieux aquatiques et tous les climats, mais elles sont cependant davantage présentes dans les eaux froides. Elles peuvent mesurer de 2 µm jusqu'à 1 mm. Elles sont enveloppées par un squelette externe que l'on appelle "frustule" qui



Fig. 9 : Tierney Thys, TED-ED, *The secret life of plankton*, documentaire, 2012, youtube.

11. Plancton végétal aquatique vivant en suspension dans l'eau.

ont pour fonction de protéger la cellule. Elles peuvent vivre fixes, libres ou bien en colonie. Les diatomées sont essentielles car elles participent à la chaîne alimentaire aquatique.

Dès lors, le design graphique pourra permettre de montrer la diversité visuelle des formes esthétiques qui vivent dans les espaces aquatiques. Ce sont des formes étonnantes, surprenantes et délicates. Le graphisme peut également être un moyen de montrer les différentes échelles du vivant. Le phytoplancton est invisible à l'œil nu, néanmoins il est parfois possible d'apercevoir une forte concentration de micro-organismes. Cela laisse apparaître une étendue colorée à la surface de l'eau, on appelle cela le *bloom*. À l'instar des cyanobactéries qui, lorsqu'elles sont nombreuses, laissent apparaître une couleur verte en surface. Il faut noter qu'en fonction de l'eau étudiée, on ne trouvera pas forcément les mêmes micro-organismes. Par exemple, l'eau d'une mare est plus concentrée en vie que l'eau d'une rivière car elle stagne en forêt et se charge de débris végétaux qui permettent de nourrir les micro-organismes. Plus l'eau est éphémère, moins les micro-organismes ont le temps de s'y installer. Dans une flaque d'eau ce sont principalement des virus qui s'installent.

Les espaces aquatiques sont les milieux les plus diversifiés en termes de biodiversité, les scientifiques ont encore de nombreuses formes de vie à découvrir. Dans l'ouvrage *Microbiodiversité*<sup>12</sup> sous la direction de Laurent Palka évoqué

précédemment, Lucie Bittner, Lionel Guidi, Samuel Chaffron et Damien Eveillard expliquent comment est observée la microbiodiversité marine. En mer, le plancton est récupéré grâce à des systèmes de filtration avec des filets. Les micro-organismes inférieurs à 20 microns sont récoltés grâce à une pompe péristaltique.

12. Ouvrage collectif, Op.cit.



Fig. 10 : Prélèvement du laboratoire LMGE de Clermont- Ferrand.

## Une science en perpétuelle évolution

### Une science aquatique méconnue

Il faut noter que la biologie aquatique est plus méconnue des scientifiques, en comparaison avec la biologie terrestre. En effet, comme évoqué auparavant, il est plus difficile d'observer les micro-organismes aquatiques, car il faut prélever de l'eau puis ajouter un fixateur qui permettra de garder en vie les organismes jusqu'à leur observation en laboratoire. Les flacons et les fioles doivent être conservés au frais, les biologistes utilisent généralement des glacières lorsqu'ils sont sur le terrain pour pouvoir optimiser l'eau durant son transport jusqu'au laboratoire. (Fig. 10)

Comme évoqué auparavant, la fondation Taraocéan<sup>13</sup> permet la découverte de nouvelles espèces aquatiques microscopiques. Il s'agit de la première fondation consacrée à l'océan en France, dédiée à la recherche scientifique. Taraocéan regroupe des experts scientifiques, des marins qui collaborent avec des laboratoires. La fondation a réalisé de nombreuses expéditions en mer depuis 2003. Chaque

expédition avait un thème spécifique comme : Tara Océans de 2009 à 2013 avec une première étude globale planctonique, Tara Méditerranée en 2014 avec l'étude de la pollution plastique, Tara Pacific de 2016 à 2018 avec l'étude de la capacité d'adaptation des récifs coralliens au changement climatique. Lors des expéditions, la goélette Tara devient un "véritable laboratoire scientifique flottant". La goélette parcourt de nombreux kilomètres, fait des haltes dans de nombreux pays et collabore avec de nombreux laboratoires dans le monde. L'art et le design ont un rôle important dans la représentation scientifique. Ainsi Tara fait appel à des artistes pour représenter les découvertes. Ils font la traversée à bord de la goélette (Fig. 11) avec les scientifiques.

À chaque expédition, la fondation réalise des documentaires qui expliquent au plus grand nombre ces enjeux environnementaux. La volonté de la fondation est d'anticiper mieux l'avenir au sujet des risques climatiques.



Fig. 11 : La goélette de Taraocéan.

13. Fondation Taraocéan créée en 2003.

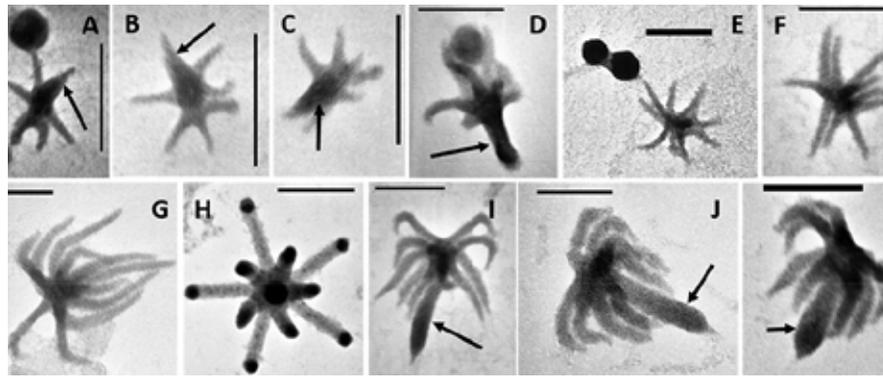


Fig. 12 : Aster Like Nanoparticle, image au microscope électronique, taille entre 0,02 et 0, 2 µm.

Ces documentaires sont notamment diffusés dans les milieux scolaires afin de sensibiliser et d'éduquer les jeunes générations. Le documentaire *Le monde secret*<sup>14</sup> évoque le sujet des micro-organismes aquatiques.

Graphiquement, il est relativement sobre, mêlant vidéo et typographie linéale. Selon le documentaire "on connaît très bien les écosystèmes terrestres depuis plus de deux-cents ans, mais dans les océans, nous sommes très peu allés voir ce qu'il y vivait". Il y aurait sans doute plus d'organismes inconnus que connus dans les milieux aquatiques.

Dernièrement, en décembre 2020, une nouvelle expédition à ce sujet a débuté : *Mission microbiome*. Elle a pour ambition de mieux comprendre le monde invisible de l'océan. Taraocéan se concentre particulièrement sur les écosystèmes marins, cependant certains biologistes s'intéressent également aux eaux douces. En effet, Jonathan Colombet, ingénieur-chercheur, déjà mentionné, est spécialisé dans l'étude

des micro-organismes aquatiques, réalise ses recherches sur les lacs et les rivières comme par l'exemple l'étude de leur propreté. Récemment, il a fait une nouvelle découverte qui fait partie du phytoplancton : c'est-à-dire la plus petite forme de plancton. Il s'agit d'un micro-organisme en forme d'étoile nommé Aster Like Nanoparticle (Fig. 12). En général, à cette taille, le plancton est essentiellement composé de virus. Néanmoins, cette découverte montre qu'à la plus petite taille il existe de nombreuses formes inconnues. Ces formes viables pourraient avoir une importance majeure dans les écosystèmes, notamment car leur abondance serait supérieure à celle des procarotes. Ces entités, telles que les virus, sont à la frontière du vivant. En effet, de par leur taille mais aussi car ils ne se reproduisent sûrement pas seuls, ils auraient besoin d'un hôte. Ainsi, pour communiquer sur ces nouvelles découvertes, il serait intéressant de les représenter par le biais de l'illustration.

14. *Le monde secret*, reportage de Taraocéan, 2011.

### L'imagerie scientifique en constante évolution

La microbiologie aquatique évolue au fur et à mesure de découvertes scientifiques. En observant les micro-organismes, les scientifiques ont cherché à les recenser et à les classer en faisant appel au design graphique. La question de la représentation s'est posée tout au long des découvertes scientifiques. Dans un premier temps, elle était généralement illustrée. Il faut noter que les micro-organismes sont transparents, la plupart n'ont pas de couleur. Dès lors, dans le domaine de l'imagerie visuelle scientifique, des couleurs ont été ajoutées et parfois choisies pour recenser et pour repérer un certain type de micro-organismes. À l'instar de la coloration de Gram<sup>15</sup>, un protocole mis en place en 1884 afin de

classer les différentes bactéries par un colorant. Il est relativement difficile de représenter visuellement des êtres vivants invisibles et insaisissables. Tout au long des découvertes, la question de représentation peut elle aussi évoluer. Dès les premières découvertes, des illustrateurs et artistes ont réalisé des illustrations scientifiques. Au XIX<sup>e</sup> siècle, les illustrations étaient détaillées et précises. C'était notamment le cas de Ernst Hæckel<sup>16</sup>, un illustrateur biologiste et philosophe allemand. Il a réalisé des lithographies, mais aussi des illustrations à la mine graphite (Fig. 13). Il a réalisé un grand nombre de ses illustrations en noir et blanc, mais il également apposé de la couleur sur certaines. (Fig. 14)

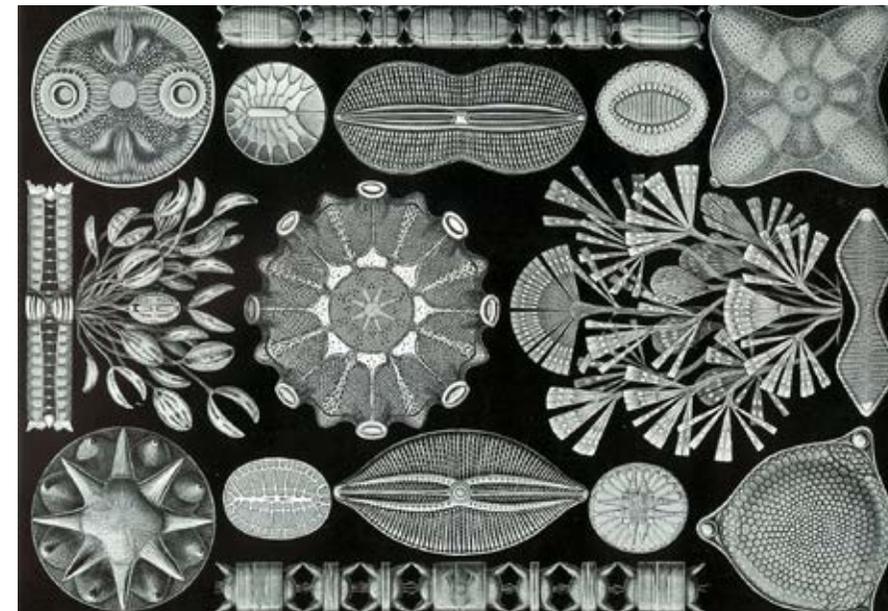


Fig. 13 : Ernst Hæckel, dessins de radiolaires, XIX<sup>e</sup> siècle.

15. Colorant pour bactéries créé en 1884 par le bactériologiste Hans Christian Gram.  
16. Ernst Haeckel, biologiste et philosophe et illustrateur allemand du XIX<sup>e</sup> siècle.

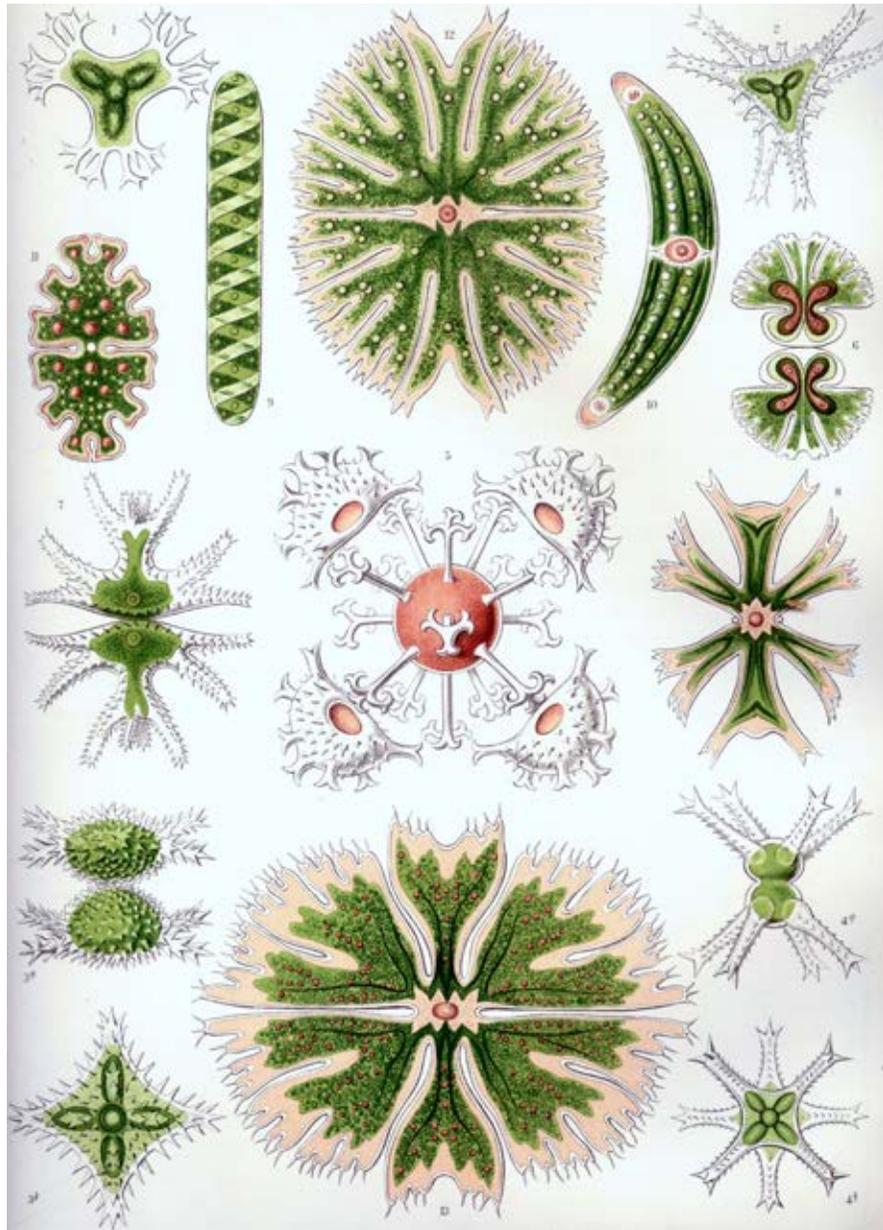


Fig. 14 : Ernst Haeckel, dessins de desmidiées, XIX<sup>e</sup> siècle.

Ses illustrations ont une dimension plastique et graphique tournée vers l'ornementation. L'esthétique de ses créations passe par le travail d'une symétrie exacte. Son contemporain, le zoologiste allemand Rudolf Leuckart<sup>17</sup> qui a également représenté des micro-organismes tels que les protozoaires. Ces lithographies (Fig. 15) possèdent un niveau de détails très élevé qui montrent chaque caractéristique d'un organisme.

Aujourd'hui, nous pouvons considérer qu'il y a trois types de représentation : la représentation scientifique, la représentation de communication et la représentation esthétique. En effet, pour la représentation scientifique, les raisons de la coloration des micro-organismes favorisent avant tout la compréhension. Selon l'article *Question de couleurs*<sup>18</sup> de Pour la science blog, les couleurs choisies sur une image sont souvent contrastées pour favoriser la compréhension et peuvent permettre de différencier deux éléments distincts. La représentation de communication est celle utilisée pour communiquer sur le sujet, comme par exemple les images du covid-19 montrés par les chaînes télévisées. Ces représentations doivent cependant suivre certaines règles scientifiques, par exemple les tiges du covid doivent toujours avoir la même couleur. À contrario, la représentation artistique est avant tout esthétique et ne cherche pas forcément à distinguer et à classifier les micro-organismes. Aujourd'hui grâce à la photographie numérique, les biologistes n'utilisent plus forcément l'illustration.

L'imagerie scientifique a évolué avec son temps. Grâce à la photographie (Fig. 16), les scientifiques colorient les images.

Mais de nos jours, les illustrations sont généralement réalisées à l'ordinateur, elles ont moins de détails, en aplats vectoriels à la manière des illustrations de Timon Ducos. Cet illustrateur contemporain, spécialisé dans le domaine de l'illustration scientifique, a notamment réalisé un projet d'illustration sous forme de bande dessinée (Fig. 17) numérique nommé *La vie du plancton*<sup>19</sup> dédié à la vie du plancton marin en collaboration avec la fondation Taraocéan. C'est aussi le cas de illustrations réalisées par Salt Water Press<sup>20</sup>, un collectif qui effectue des estampes à partir d'illustrations de diatomées grâce à une presse typographique (Fig. 18). L'objectif du studio est de mêler l'art et la science. Cependant, certains choisissent d'avoir une approche plutôt "fait-main" comme l'artiste Sandra Black<sup>21</sup> qui réalise des illustrations des micro-organismes à l'aquarelle. (Fig. 19)

De plus, des projets artistiques de représentation scientifique ont vu le jour, comme *Organoïde* à l'initiative de la fondation Pasteur ainsi que de l'artiste Fabrice Hyber. Ce projet a pour objectif de proposer de nouvelles représentations réalisées par des artistes.

17. Rudolf Leuckart, zoologiste et artiste allemand.

18. Bernard Valeur, Questions de couleurs, "Une image en couleurs d'un coronavirus est-elle scientifiquement justifiée ?", Pour la science blog, [en ligne], < <http://www.scilogs.fr/questions-de-couleurs/une-image-en-couleurs-dun-coronavirus-est-elle-scientifiquement-justifiee/> >, le 07 avril 2020.

19. Timon Ducos, *La vie du plancton*, bande dessinée numérique en collaboration avec Taraocéan, 2019.

20. Collectif artistique basée à Juneau en Alaska.

21. Sandra Black, artiste américaine diplômée en microbiologie.



Fig. 15 :  
Rudolf Leuckart,  
Illustrations  
de protozoaires,  
XIX<sup>e</sup> siècle.

Mettre en image les micro-organismes permet de dévoiler un monde invisible. La photographie et la vidéo dévoilent un monde invisible dans son ensemble alors que l'illustration permet de donner à voir des détails, le point de vue de l'illustrateur.

Mais bien souvent, les micro-organismes n'attirent pas les individus. Ils sont parfois synonymes de maladies, les bactéries et les virus paraissent sales, dégoûtants et repoussants. Néanmoins, ces êtres minuscules possèdent une

certaine valeur esthétique.

Leurs formes sont belles et délicates mais l'insaisissable fait peur car l'humain ne le maîtrise pas, n'y a pas l'accès. Cela peut paraître effrayant de savoir que ces micro-organismes peuvent vivre en nous sans jamais les voir, sans savoir où ils sont vraiment. Mais les micro-organismes peuvent être des êtres à contempler par leurs qualités formelles, leurs qualités physiques et leur importance dans les écosystèmes.

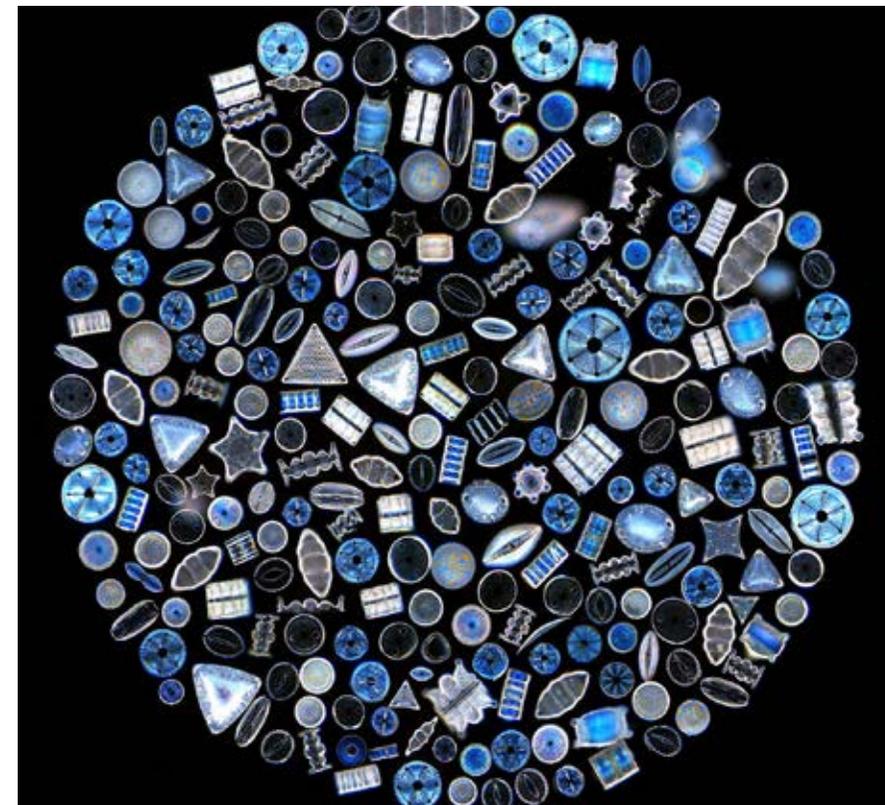


Fig. 16 : Photographie  
de diatomées  
retouchés par un  
artiste inconnu.



Fig. 17 : La vie du plancton, réalisé par Timon Ducos.

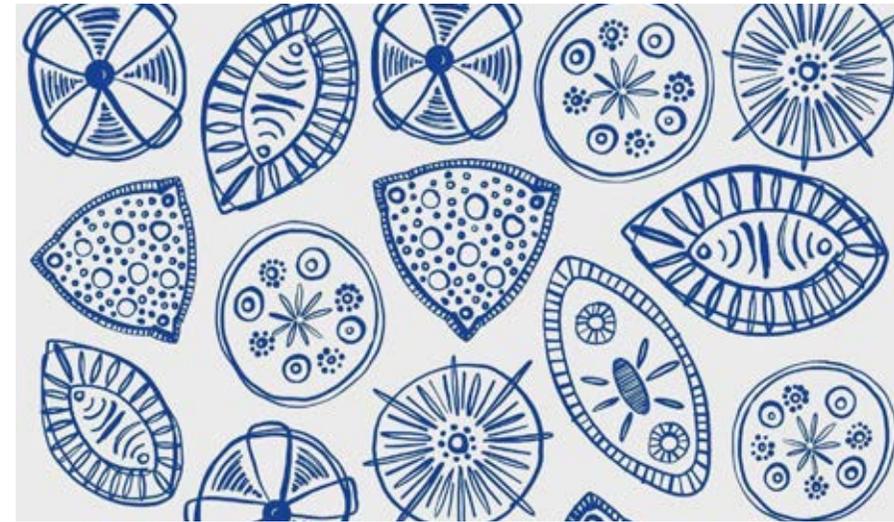
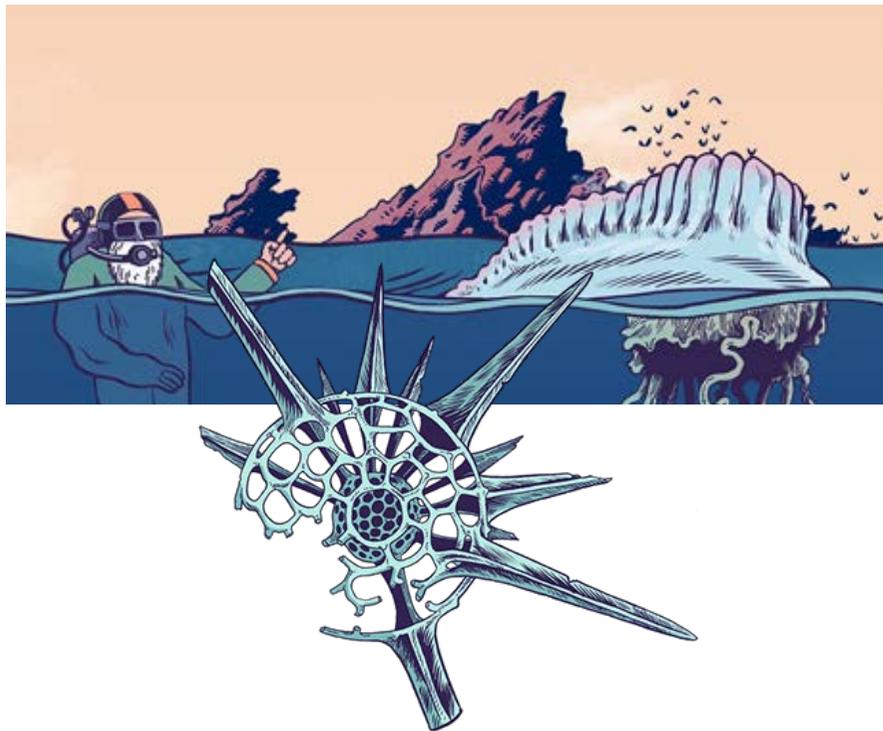


Fig. 18 : Salt Water Press, illustrations de diatomées, 2018.



Fig. 19 : Sandra Black, illustrations de bactéries, 2016.



Stranges traces, illustration de diatomées, linogravures et aquarelle, 2019.



Sabina Radeva, illustration de tardigrade, 2019.

## Préserver la biodiversité : un enjeu écologique

### Vers une préservation de la biodiversité du territoire

La volonté de préserver la biodiversité est bien souvent mise en avant, mais on parle très peu de préserver la biodiversité. On oublie en général en quoi les micro-organismes sont essentiels pour les territoires. Ils sont invisibles et donc oubliés. Dans l'article *Ne perdons pas de vue le monde microscopique*<sup>22</sup>, Laurent Palka explique pourquoi il est important de préserver ces formes de vie minuscules. En effet, selon lui, la plupart des individus oublient que ce sont des êtres vivants :

*“J’ai alors compris que ces organismes respiraient. Ce n’est qu’à partir de ce moment que ma culture est devenue dans mon esprit tout autre chose, que ma vision a radicalement changé. Notre conscience du vivant décroît à mesure que l’on descend dans l’échelle des dimensions.”*

La question de conscience du vivant se pose car l’invisible donne une impression d’inexistence. Ainsi, l’auteur exprime la nécessité de la préservation de la biodiversité. Il explique que c’est depuis 2010 qu’une petite révolution a eu lieu dans le domaine de la microbiologie. En 1982, des scientifiques avaient étudié une mare dans la ville de Salzbourg, en Autriche, et y avaient trouvé de nombreuses espèces inconnues. Mais en 2010, la mare avait été totalement recouverte de terre, alors les scientifiques ont exigé la restauration de leur espace de travail. Alors a commencé un “bras de fer” entre la municipalité et les scientifiques. Finalement, la ville a renoncé à l’exposition d’art contemporain qui devait avoir lieu à l’endroit où se trouve la mare. La municipalité de Salzbourg a ainsi déclaré

en 2012 la création d’un “monument naturel pour les organismes unicellulaires”. Il s’agit d’une victoire scientifique qui légitime la conservation des espèces microscopiques. On peut considérer cet endroit comme la toute première réserve des micro-organismes. Il apparaît important de chercher à conserver ces êtres car ils sont vivants, mais aussi parce qu’ils jouent un rôle très important dans les écosystèmes. Le rôle du design dans cette conservation serait de mettre en image l’importance, et la relation qu’ont les micro-organismes dans un écosystème.

De plus, de nos jours, les collectivités territoriales sont de plus en plus impliquées dans la notion de développement durable et la transition écologique. En partenariat avec la communauté de communes Sauer-Pechelbronn située dans le Nord du Bas-Rhin, le projet que je développe s’inscrit dans le cadre de l’objectif TEPOS destination 2037. C’est un territoire à énergie positive : c’est-à-dire un territoire qui consomme autant d’énergie qu’il en produit. La préservation de la biodiversité pourrait s’inscrire dans le programme de l’objectif TEPOS.

### Des formes de vies qui sont essentielles pour l’Homme

Comme évoqué auparavant, les micro-organismes jouent un rôle primordial dans les écosystèmes. Ils étaient présents aux premiers instants de la planète, la Terre a été colonisée par des eucaryotes unicellulaires il y a quatre millions d’années.

Contrairement aux idées reçues, la forêt n’est pas exclusivement le poumon de la planète. En effet, le phytoplancton est une forêt invisible aquatique qui représente près de la moitié de l’oxygène atmosphérique. Ces organismes minuscules participent à la photosynthèse. Grâce à l’énergie du soleil, au gaz carbonique de l’atmosphère et aux nutriments, le phytoplancton fabrique des sucres et rejette de l’oxygène. Le phytoplancton est à préserver pour que les générations futures puissent respirer. Lorsqu’il meurt, il retombe dans les profondeurs et devient une ressource car sa matière riche en carbone peut devenir du gaz ou du pétrole. Mais aujourd’hui ces espèces peuvent disparaître, c’est notamment le cas des micro-algues qui sont menacées par l’acidification des océans provoquée par la dissolution du gaz carbonique. Seulement, sans elles, le taux atmosphérique de CO<sub>2</sub> ne serait pas régulé, ce qui entraînerait des changements climatiques et serait nocif pour les humains.

De plus, les micro-organismes sont importants car ils sont au cœur de nombreuses innovations technologiques. À l’instar de la chimie verte, les cyanobactéries et les microalgues permettent de créer des biomolécules

énergétiques. Il existe également la chimie bactérienne qui permet de créer de l’électricité en traitant les eaux usées. Certains microorganismes sont utilisés dans l’industrie pharmaceutique, comme le phytoplancton qui dispose d’antiviraux et d’antibiotiques très puissants. On peut dire que le rôle de la biodiversité aquatique est essentiel dans les écosystèmes car elle permet de les réguler.

22. Laurent Palka, “Ne perdons pas de vue le monde microscopique”, Usbek & Rica, [en ligne] < <https://usbeketrica.com/fr/article/ne-perdons-pas-de-vue-le-monde-microscopique> >, 9 octobre 2018.

### Des êtres minuscules au cœur d'un réseau essentiel

Comme évoqué auparavant, les micro-organismes participent à la chaîne alimentaire aquatique. On nomme cela le réseau trophique c'est-à-dire l'ensemble des chaînes alimentaires au sein d'un écosystème. Le phytoplancton a un rôle essentiel dans ce réseau car il en est l'essence-même. Sans sa présence, les autres organismes ne seraient pas là puisqu'ils ne seraient pas nourris. Leur équilibre dépend donc des plus petites formes de vie. Ils ont le premier rôle dans ce grand réseau alimentaire. Dans le réseau trophique aquatique, le phytoplancton est le producteur primaire, il tire son énergie de la lumière et des éléments minéraux. Le zooplancton mange le phytoplancton : ce sont les consommateurs primaires. Les prédateurs mangent le zooplancton, ce sont les consommateurs secondaires. Enfin, en particulier dans les océans, les super prédateurs mangent le zooplancton : ce sont les maillons de la chaîne alimentaire. Sans les micro-organismes, l'humain ne pourrait pas se nourrir de poisson ou bien de crustacés.

La question de représentation graphique du réseau trophique se pose, cela permettrait de montrer que chaque être vivant a un rôle à jouer dans les écosystèmes.

### Leurs bienfaits sur les territoires

Pour connaître son territoire, il est important de savoir ce qui y vit, et dans quel milieu. Cela permet de penser un écosystème dans son entièreté. Les micro-organismes sont bénéfiques pour les territoires car ils ont de nombreux bienfaits. Par exemple, à la Sauer-Pechelbronn, il y a deux cours d'eau principaux : la Sauer et le Seltzbach concentrant par des millions d'espèces différentes de micro-organismes tels que les amibes, les paracémies, les tardigrades, etc. Certains d'entre eux peuvent avoir un rôle essentiel sur les écosystèmes, telles que les diatomées. Un indice biologique est basé sur la concentration de diatomées dans les cours d'eau : l'Indice Biologique

Diatomées. Il permet d'évaluer la qualité de l'eau, ou s'il y a une perturbation dans le milieu.

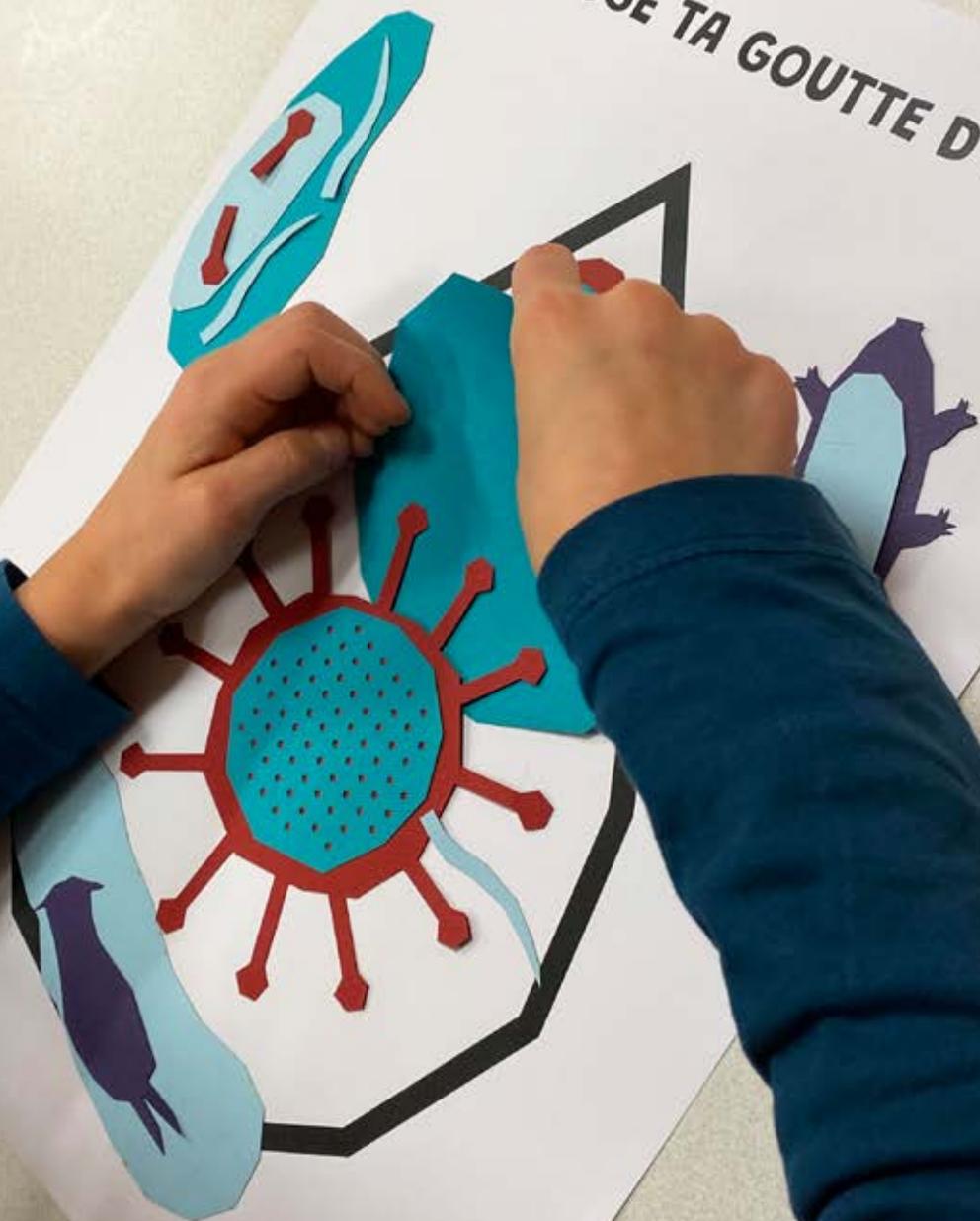
Cet indice a été mis en place en 1996, puis normalisé par l'AFNOR<sup>23</sup> en 2000, en réponse à la demande des Agences de l'Eau. Il fait le diagnostic des pollutions trophiques sur l'ensemble du réseau français. Ces micro-organismes purifient l'eau, plus ils sont présents, moins l'espace est pollué.

Le design graphique pourrait permettre de montrer en quoi ces formes de vies invisibles sont essentielles pour les humains ainsi que pour nos territoires. Le défi serait de traduire visuellement les aspects écologiques et la notion de réseau au sein des écosystèmes.

**Ainsi, la microbiologie aquatique est une science qui évolue constamment. Les scientifiques vont sans doute découvrir de nouvelles espèces, qui pourraient s'avérer très utiles pour le futur. La question de préservation de la biodiversité va sûrement prendre davantage d'ampleur. Il est important de savoir comment transmettre aux futures générations cette connaissance invisible mais essentielle.**

.....  
23. Association française de normalisation.

COMPOSE TA GOUTTE D'EAU



2. INITIER  
À LA MICROBIOLOGIE  
AQUATIQUE PAR DES  
DISPOSITIFS QUI  
RÉVÈLENT L'INVISIBLE

## Transmettre aux plus jeunes

### Microorganismes et apprentissages

Il serait important de faire connaître la vie microscopique aux enfants<sup>24</sup> pour les rendre conscients de ses bienfaits. Ils possèdent déjà quelques notions de biologie et de microbiologie grâce au cadre scolaire. Dès lors, cela m'a amenée à me questionner : quels sont les programmes scolaires à ce sujet ? Il faut noter que cette science est plutôt abordée en fin de primaire. Les élèves possèdent des connaissances sur la chaîne alimentaire et de réseau entre les différentes échelles d'un écosystème. Ils ont également conscience qu'il existe des êtres vivants invisibles. En effet, les enfants ont conscience de certains micro-organismes assez tôt, dès la maternelle. En particulier dans le contexte sanitaire que nous connaissons, ils savent ce que sont les bactéries et les virus. Aurore Ronin, étudiante en Master "Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation", à l'université de Franche-Comté, a réalisé son mémoire<sup>25</sup> sur la thématique *Quelle représentation les enfants de maternelle ont-ils des microbes ? Une action pédagogique peut-elle modifier cette vision ?*. Selon elle, "On dit très tôt aux enfants que s'ils sont malades, c'est à cause des microbes, qu'ils sont méchants, qu'ils se transmettent d'une personne à l'autre... On les sollicite à longueur de journée afin qu'ils se lavent les mains, pour éviter de donner des microbes à leurs copains." Cependant, les enfants ne connaissent pas forcément la diversité d'espèces microscopiques. Mais c'est seulement à partir de la classe de sixième que la microbiodiversité est évoquée en détail, grâce à la matière Science et vie de la Terre. Les

programmes scolaires scientifiques de sixième consistent à sensibiliser au développement durable dont l'importance et rôle de la biodiversité microscopique dans leur milieu de vie. C'est en général au collège que les élèves peuvent observer pour la première fois des éléments au microscope.

La question de transmission se pose, car il est difficile de partager un sujet complexe aux enfants. Il faut savoir sélectionner les informations importantes pour qu'ils comprennent le monde qui les entoure. En effet, les micro-organismes font partie intégrante de leur quotidien et des espaces qu'ils côtoient. Seulement, avec leur taille invisible à l'œil nu, les enfants ne pensent pas forcément qu'il existe un monde minuscule si riche et bénéfique. La pédagogie traditionnelle ne permet pas toujours de capter l'attention et d'aiguiser la curiosité des jeunes générations. Le rôle du design et du graphisme pourrait être d'attirer les enfants par le biais d'une pédagogie visuelle qui montrerait le rôle de ces formes de vie infimes.

24. Le projet, *La Cachee*, ne prendra en compte que les enfants du cycle primaire pour des raisons d'ambition pédagogique et s'appuiera sur des expérimentations menées avec un périscolaire.

25. Aurore Ronin, *Quelle représentation les enfants de maternelle ont-ils des microbes ? Une action pédagogique peut-elle modifier cette vision ?*, mémoire de fin d'études, [en ligne] < <https://hal-univ-fcomte.archives-ouvertes.fr/view/index/identifiant/hal-02964419> >, 2020

### Des pédagogies participatives et alternatives

D'autres formes de pédagogies sont tournées vers des pratiques non conventionnelles qui peuvent davantage captiver les jeunes générations. Certaines écoles développent une pédagogie dite "alternative", à l'instar des écoles Montessori. L'article "1 société 100 écoles"<sup>26</sup> écrit par Eva Ruaut<sup>27</sup> montre ces formes de transmissions. Maria Montessori a réalisé des modules en bois pour favoriser l'apprentissage des enfants. Aujourd'hui, cette pédagogie s'est développée et a fait ses preuves : il existe de nombreuses écoles Montessori (Fig. 20) dans le monde. Le principe de cette pédagogie est que l'apprenant puisse vivre libre en harmonie avec lui-même, l'enseignement qui est proposé à chacun est individualisé. Cela se base sur le développement de l'enfant en fonction de son âge. La biologie est notamment un sujet abordé par ce

type de pédagogie, comme l'apprentissage du corps humain grâce à des formes d'organes à repositionner au bon endroit. Ce mode de transmission fonctionne plutôt bien avec les plus jeunes, car il s'adapte à leurs envies.



Fig. 20 : Exemple de pédagogie Montessori.

26. Eva Ruaut, "1 société 100 écoles", Design et pédagogies alternatives, publié sur STRABIC, [en ligne] < <http://strabic.fr/1-societe-100-ecoles> >, le 26 novembre 2014.

27. Eva Ruaut, enseignante, a eu une expérience en design des politiques publiques avec la 27<sup>e</sup> région.

En dehors de l'école, il existe des lieux dédiés à la transmission ludique pour les jeunes générations, qui font appel au design. Ce qui m'intéresse particulièrement dans ces espaces, c'est le fait qu'ils développent la créativité de l'enfant. Au sujet de la science, des lieux sont dédiés pour initier les plus jeunes par le biais de dispositifs ludiques. Par exemple, la Cité des Sciences<sup>28</sup> à Paris, diffuse au grand public des connaissances scientifiques et techniques sur divers thèmes. Elle cherche en particulier à sensibiliser les jeunes générations, et elle propose un espace pour les enfants nommé la Cité des enfants (de deux à douze ans). Elle propose des outils et des activités ludiques qui favorisent l'apprentissage et l'expérimentation. Dans la même optique, à Strasbourg, le Vaisseau<sup>29</sup> propose également de faire découvrir la science aux plus jeunes tout en s'amusant. (Fig. 21) Différents moyens de médiation scientifique sont utilisés afin de permettre au visiteur de trouver celle qui lui convient. Il aborde différentes thématiques comme l'être humain, l'eau, les animaux, etc. pour capter l'attention des enfants. Ce qui est intéressant au Vaisseau, c'est qu'il propose des activités à réaliser en groupe, les enfants s'entraident. Le design permet à ces lieux de créer du lien entre les participants, les dispositifs pédagogiques favorisent l'échange. Néanmoins, ces lieux proposent des activités sur les sciences en tous genres. Il n'existe pas de lieu de ce type centré sur la thématique de la biodiversité en France. Mais, à l'étranger,

le musée Micropia<sup>30</sup> d'Amsterdam est spécialisé sur la thématique des microbes, il est d'ailleurs le premier au monde dans cette catégorie. Il présente au grand public une diversité d'espèces de micro-organismes, avec des microscopes et des dispositifs interactifs. (Fig. 22) Il présente aussi des sculptures à l'échelle de l'humain des micro-organismes.



Fig. 21 : Photographie d'un outil pédagogique au Vaisseau.



Fig. 22 : Photographie d'un mur du musée Micropia.

28. Cité des sciences et de l'industrie, Paris, ouverte le 13 mars 1986, créée à l'initiative du président Valéry Giscard d'Estaing.

29. Le Vaisseau, Strasbourg, créé en 2005 à l'initiative du Conseil départemental du Bas-Rhin.

30. Musée Micropia, Amsterdam créé en 2002 par le directeur du zoo royal d'Amsterdam Artis : Haig Balian.

Le point commun des de ces différents lieux est l'aspect ludique qui permet de favoriser l'apprentissage. Dans le cadre de mon projet de diplôme *La Cachette*, j'ai tout d'abord souhaité m'axer sur cette notion de jeu afin de captiver le jeune public.

### Expérimentation 1 - Que se cache-t-il dans une goutte d'eau ?

Novembre 2020

J'ai tout d'abord créé un jeu de plateau nommé *Que se cache-t-il dans une goutte d'eau* (Fig. 23). Je formulais l'hypothèse que le jeu de plateau puisse permettre d'initier les enfants à la microbiologie. *Que se cache-t-il dans une goutte d'eau* est un jeu de devinettes qui permet aux enfants de comprendre qu'une seule goutte d'eau peut contenir des êtres vivants. Les enfants doivent placer sur un plateau en forme de goutte d'eau des jetons micro-organismes qui correspondent à des jetons indices. Ce jeu permet aux enfants de voir la diversité de ces formes de vies invisibles. J'ai pu transmettre et faire tester ce jeu à des enfants du périscolaire de Preusdorf ainsi qu'à une famille. Je leur avais laissé des instructions pour qu'ils puissent s'installer et jouer en autonomie. Après avoir testé le jeu, la famille m'a fait des retours vidéo : les enfants ont apprécié le jeu mais c'était trop simple selon eux, car ils trouvaient très rapidement les réponses. Selon le petit garçon de neuf ans : "ce jeu c'est plutôt pour les plus jeunes" . J'ai également eu le retour écrit du périscolaire : le jeu aurait duré dix minutes et les enfants étaient étonnés par ce qu'il peut

avoir dans une goutte d'eau. Les plus grands ont pu aider les plus jeunes, notamment pour la lecture des indices. Ils ont apprécié apprendre à quoi peuvent servir les micro-organismes. Dès lors, cela m'a amené à réfléchir à la difficulté des termes scientifiques que je transmets aux enfants, il faudrait dorénavant être plus précis ou alors s'adresser à des plus petits. En effet, s'adresser à un jeune public, c'est penser à un vocabulaire adapté, mais il faut s'adapter à une certaine tranche d'âge. Je me suis rendu compte que je pourrai utiliser davantage de termes scientifiques par rapport à la tranche d'âge de mon public.



Fig. 23 : Jeu *Que se cache-t-il dans une goutte d'eau*

## Expérimentation 2 - Micro Marionnettes

Novembre 2020

En parallèle de ce jeu, j'ai également voulu également m'axer sur la notion de jeu par le biais de marionnettes. J'ai développé une édition nommée *Micro marionnettes* (Fig. 24). J'ai émis l'hypothèse que leur permettre de créer l'histoire des micro-organismes serait un bon moyen de les initier à la biodiversité aquatique. Cette édition détachable proposait aux enfants des marionnettes de micro-organismes à colorier, découper et construire. Il s'agissait de marionnettes à doigts qui leur permettaient d'imaginer les mouvements et les interactions entre les différents animaux microscopiques. Grâce à des informations fournies, ils avaient la possibilité d'inventer leurs propres histoires.

J'ai pu transmettre ce jeu au périscolaire de Preusdorf pour qu'ils puissent réaliser l'activité. Malheureusement ils n'ont pas pu terminer, c'était trop long et complexe à construire.

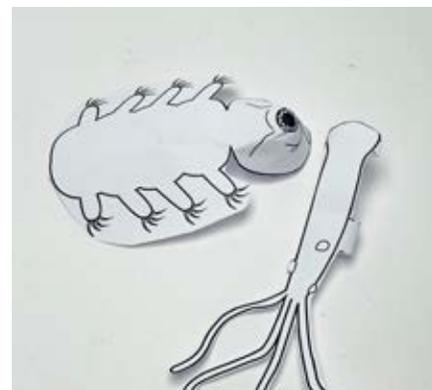


Fig. 24 : Jeu *Micro Marionnettes* testé au périscolaire de Preusdorf.

Selon Jeanine Roser, la directrice du périscolaire, "ils trouvaient les formes bizarres". Cependant le concept de marionnettes les intéressait car ils les ont terminées chez eux.

Donc, je pense que faire construire les marionnettes aux enfants leur demanderait trop de temps et apporterait de la complexité. Il pourrait être intéressant de retravailler cette notion de storytelling avec des marionnettes déjà construites pour immerger rapidement l'enfant dans ce monde invisible.

Ces deux expérimentations m'ont permis d'initier et de sensibiliser les enfants sur ce territoire à la biodiversité car grâce à l'illustration et aux jeux ils ont pu découvrir des espèces microscopiques qu'ils ne connaissaient pas. Ils ont notamment pu apprendre à quoi servent ces êtres microscopiques et leur rôle dans notre écosystème.

## Transmettre la biodiversité par l'art

L'art pour révéler et comprendre le monde qui nous entoure

L'art est un moyen de transmettre la biodiversité au grand public et donc aux futures générations. En effet, c'est un sujet qui a été exploité assez tardivement en raison des découvertes progressives. C'est particulièrement le mouvement des *Formes libres*<sup>31</sup> qui a donné à voir les micro-organismes au grand public. Il s'agit d'un mouvement des années 1950 qui puise l'inspiration dans les formes organiques. Il y a une volonté de poésie et de lyrisme et l'éclectisme est favorisé. Kandinsky<sup>32</sup> a été l'un des premiers à s'intéresser à la microbiologie dans la représentation artistique. Son oeuvre, *Entassement Réglé* (Fig. 25), réalisée en 1938 est inspirée de cette thématique. *Entassement réglé* est composé d'une multitude de cercles de différentes tailles, côte à côte. Selon l'article<sup>33</sup> de Jérémy Billault<sup>34</sup> de *Beaux-Arts magazine*, cela évoque l'imagerie scientifique de cellules que l'on peut voir au microscope. Cette peinture a été réalisée en 1938, à cette période ces images étaient nouvelles. Les formes sont organiques avec seulement des arrondis. L'artiste montre que ces choses minuscules et invisibles à l'œil nu possèdent des qualités plastiques et esthétiques qu'il est intéressant de dévoiler. Kandinsky était particulièrement fasciné par les formes rondes des cellules. Dans l'article évoqué précédemment, l'auteur explique qu'il passait beaucoup de temps à les observer dans des livres de science. Les formes organiques en aplats de Kandinsky m'ont inspirée dans ma recherche d'illustration (Fig. 26).

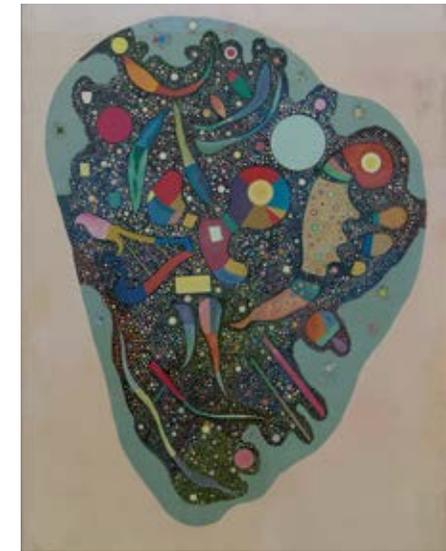


Fig. 25 : Wassily Kandinsky, *Entassement Réglé*, 1938, Huile et ripolin sur toile, 116 x 89 cm, Centre Pompidou, Paris.

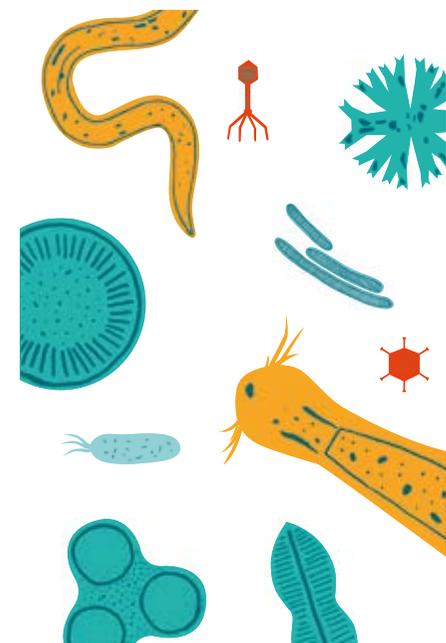


Fig. 26 : Illustration personnelles de micro-organismes en aplats de couleur.

31. Mouvement artistique des années 1950.

32. Wassily Kandinsky (1866-1944), premier artiste à avoir initié le mouvement abstrait.

33. Jérémy Billault, "Kandinsky : la délicatesse des années parisiennes", *Beaux-Arts Magazine*, [en ligne] < <https://www.beauxarts.com/expos/kandinsky-la-delicatesse-des-annees-parisiennes/> >, le 23 novembre 2016.

34. Jérémy Billault, journaliste.

Des formes simples pourraient davantage captiver les plus jeunes. Cependant, il est nécessaire de réussir à trouver un entre deux car en enlevant des détails les enfants n'arriveront peut-être pas à reconnaître qu'il s'agit de micro-organismes.

De plus, la délicatesse et la beauté de ces formes organiques invisibles me semble intéressante à dévoiler. On peut parler d'ambivalence car en général, ils font peur et inquiètent les individus puisqu'ils sont inconnus. Néanmoins, ces micro-organismes sont à contempler, leur beauté est étonnante. L'artiste américaine Ruth Tabancay<sup>35</sup>, est fascinée par la microbiologie depuis qu'elle s'est spécialisée en bactériologie à l'université, puis elle poursuit ses études dans le domaine de la médecine et dans l'art. Elle a réalisé une série de

broderies nommée *Petri Dishes* (Fig. 28) dans des boîtes de pétri avec une grande diversité de couleurs des fils mais aussi de tissus. C'est en suivant un cours de broderie qu'elle s'est rendu compte que les points de broderie ressemblent aux bactéries qu'elle étudie à l'université telles que des bâtonnets et des cocci bactériens. En utilisant les couleurs des colorants issus du microscope optique dans son école, Ruth Tabancay brode les bactéries spécifiques avec une couleur proche de la réalité. Le travail plastique de l'artiste m'a inspiré dans ma recherche : j'ai décidé de créer une série de broderies à sa manière (Fig. 27). J'ai également disposé cette production plastique dans des boîtes de pétri. Son style de broderie donne une entrée délicate dans ce monde invisible qui peut paraître repoussant.

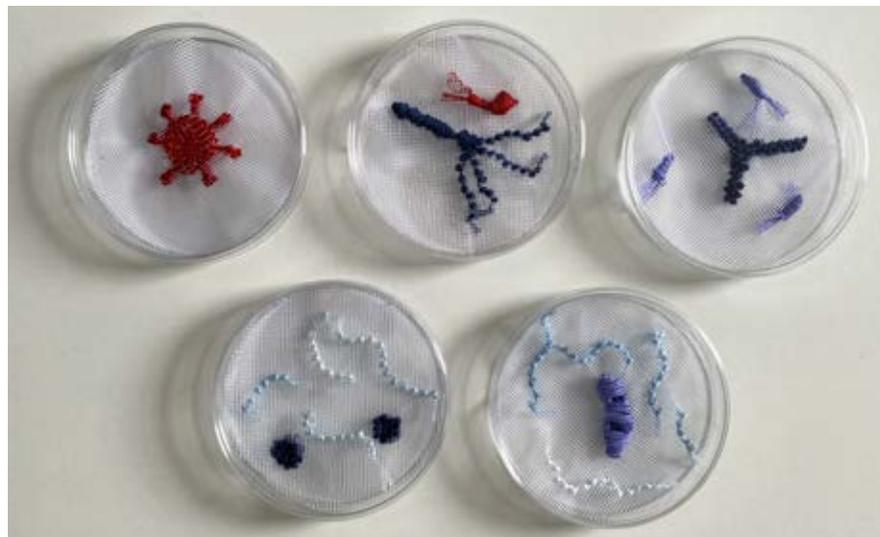


Fig. 27 :  
Série de broderie dans  
le cadre de mon projet  
la Cachette.

35. Ruth Rabancay, artiste américaine spécialisée dans la microbiologie.



Fig. 28 : Ruth Tabancay,  
*Petri Dishes*, 2017,  
Sanchez Art Center  
dans la ville de  
Pacifica, États-Unis.

### Les micro-organismes comme matière première

Au fil des époques, dans l'art, la microbiologie a pris de l'ampleur. Mais certains artistes et designers ont apporté un innové en utilisant les micro-organismes comme matière première. En effet, plutôt que de dessiner ces formes, l'organisme vivant peut lui-même créer des formes étonnantes et aléatoires. Par exemple, la campagne publicitaire *The invisible made visible* (Fig. 29) de l'agence néerlandaise Havas Lenz<sup>36</sup>, réalisée en 2014, présente une affiche typographique créée par des micro-organismes. Cette affiche a été réalisée pour prévenir des intoxications alimentaires en collaboration avec le Centre de Nutrition Néerlandais. Le procédé graphique choisi par l'agence est essentiellement typographique, la composition est centrale. L'affiche est sobre et possède deux couleurs principales : le beige et le violet. La typographie est une linéale mais elle possède des formes aléatoires, cela s'apparente à de l'encre mais il s'agit en réalité de bactéries de qui ont été développées en laboratoire. Pour réaliser cette affiche, les graphistes ont dessiné les caractères à l'aide d'un pinceau et ont laissé les bactéries proliférer. Cette affiche met en lumière les bactéries alimentaires qui vivent dans les frigidaires ou bien dans les micro-ondes. Cette pratique publicitaire est innovante car elle n'utilise pas de représentations des micro-organismes présents ou de leurs effets mais dévoile plutôt les bactéries qui rendent malades, elles-mêmes. Cette campagne publicitaire permet de montrer que toutes les bactéries ne sont pas bonnes pour l'Homme et qu'il faut

que le grand public en ait conscience. Le procédé graphique est innovant car il fait appel à l'aléatoire, le résultat de l'affiche étant imprévisible.

La designer Teresa Van Dongen<sup>37</sup> a elle aussi utilisé le vivant comme matière première dans ses créations. Elle a réalisé une lampe nommée *Ambio* (Fig. 30) qui s'illumine grâce à des bactéries bioluminescentes. En effet, dans l'océan, certains micro-organismes diffusent de la lumière lorsqu'ils sont fournis en oxygène à chaque fois qu'une vague tourne. Il s'agit d'une réaction chimique. Ce phénomène a inspiré la designer qui est passionnée par la biologie. La lampe *Ambio* équilibre deux poids et un tube de verre à moitié rempli d'un "milieu artificiel d'eau de mer" qui contient ces espèces particulières qui ont cette faculté de bioluminescence. En donnant du mouvement à la lampe, elle conserve sa lumière car l'oxygène se mélange à l'eau. *Ambio* fait preuve d'une recherche technique et plastique, elle montre que la nature peut devenir une source d'énergie. Cette lampe montre que le vivant peut devenir bénéfique car il permet d'obtenir une source de lumière naturelle sans électricité. Le design dévoile les qualités de ce monde minuscule mais qui peut s'avérer très utile.

36. Havas Lenz, agence de publicité néerlandaise.

37. Teresa Van Dongen, designer néerlandaise



Fig. 29 : Havas Lenz, *The invisible made visible*, 2014, Pays-Bas.

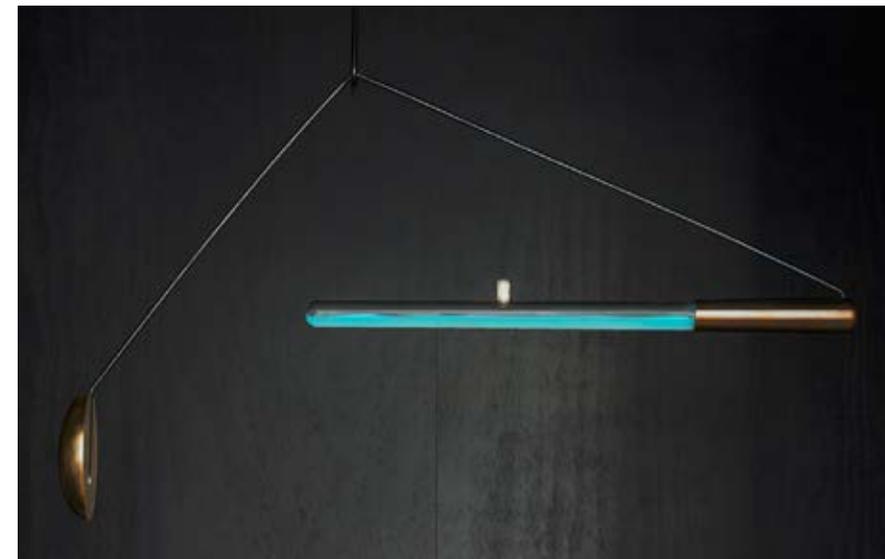


Fig. 30 : Teresa Van Dongen, *Ambio*, 2014, lampe suspension, (acier, bronze, liquide avec des bactéries bioluminescentes *Photobacterium Phosphoreum*).

Un autre designer, le suédois Jan Klinger<sup>38</sup>, a créé des lampes *Bacteria lamp* (Fig. 31) à partir de micro-organismes. Jan Klinger a choisi de donner aux spectateurs et utilisateurs une autre vision de l'invisible: "Et si nous pouvions permettre aux autres de voir les bactéries comme porteuses de sens plutôt que comme porteuses de maladies?". Ce sont les couleurs des colorants qui dévoilent les bactéries. Cette série de lampes est un croisement entre art, science et design industriel. Selon le designer, la lampe bacteria permet à son propriétaire

de proposer une relation profonde avec un objet qui raconte des souvenirs. Pour créer ces lampes, le designer a prélevé des bactéries provenant d'un lieu, d'une personne, d'un moment important qui sont ensuite scellées dans les lampes. Le spectateur pourra fixer un souvenir dans sa lampe par le biais des bactéries, c'est un objet personnalisable.

Ainsi, plutôt que représenter le vivant, il peut devenir une matière première qui dévoile des qualités plastiques esthétiques. Cela m'intéresserait de développer ce procédé dans mon travail de recherche.

38. Jan Klinger, designer produit suédois.

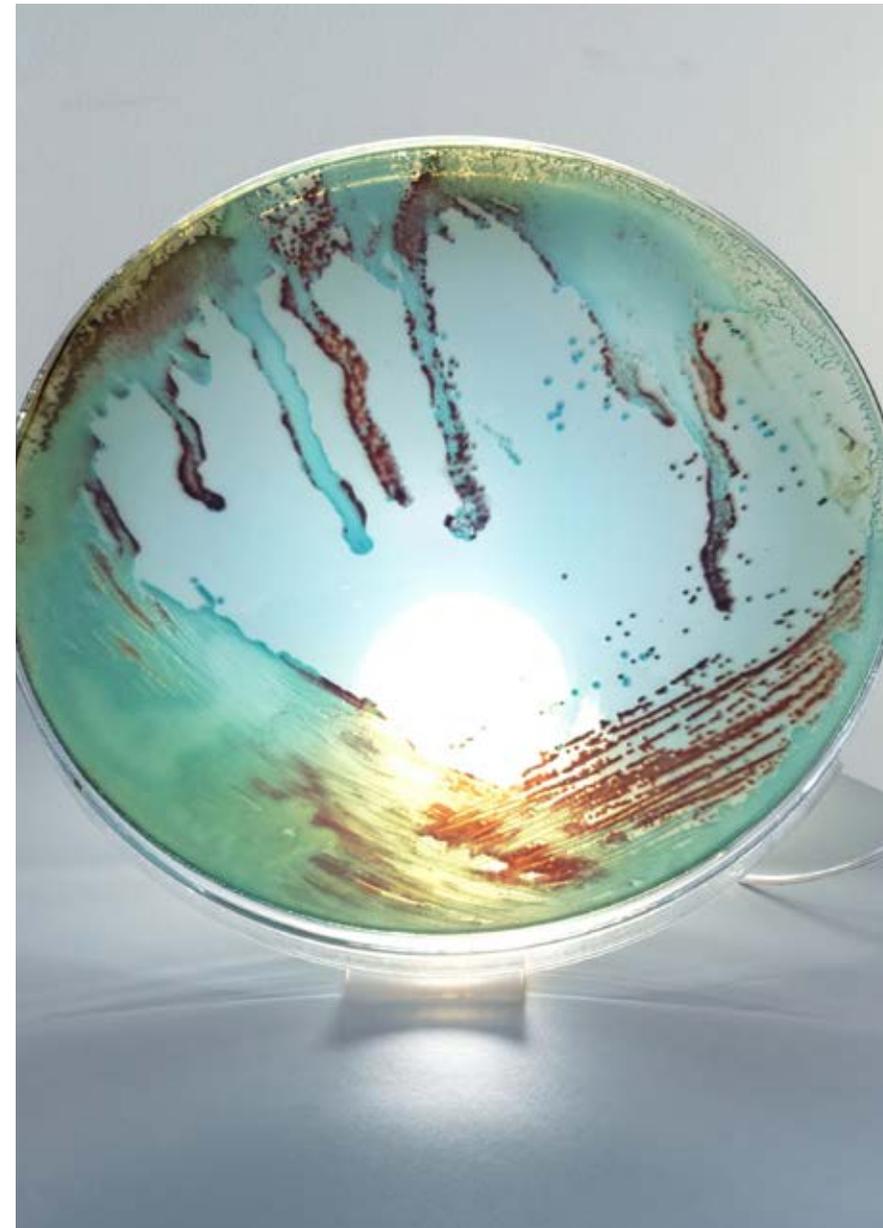


Fig. 31 : Jan Klinger,  
*Bacteria lamp*, 2019.

## Révéler l'invisible par des dispositifs sensoriels

### Apprendre par la manipulation

Pour révéler ce monde invisible aux enfants il est important de savoir comment les captiver et éveiller leur intérêt pour la science. Comme évoqué auparavant, l'aspect ludique peut être un bon moyen pour favoriser l'apprentissage. Cependant, la création de dispositifs sensoriels peut immerger le jeune public dans le monde des animaux microscopiques. La pédagogie Montessori évoquée précédemment fait justement appel aux sens. Ils peuvent comprendre le monde qui les entoure grâce à la manipulation d'objets. Dès lors, la manipulation d'éléments graphiques peut favoriser la transmission. À l'instar de la graphiste Éloïsa Pérez<sup>39</sup> avec son projet *Learning forms* (Fig. 32) qui initie à l'apprentissage de l'écriture à l'école maternelle et primaire. Elle a effectué des ateliers qui ont permis de tester ces outils pédagogiques. Elle a notamment réalisé

des modules de formes graphiques qui permettent aux enfants de créer des lettres grâce à des combinaisons. Le collectif de design Terrain Vagues<sup>40</sup> a également développé un projet de manipulation avec la création de l'atelier *Herbier imaginaire* (Fig. 33), en collaboration avec avec le Vaisseau<sup>41</sup>. Cet atelier participatif consistait à inviter le grand public à réaliser une fresque sur le thème de la botanique. À l'aide de modules en papier colorés, chaque enfant réalisait sa plante. Ce projet m'intéresse car il fait appel à la manipulation et à la créativité des participants. Ils deviennent acteurs de leur apprentissage. Cela s'oppose à la pédagogie scolaire où les enfants écoutent mais ne manipulent pas. Faire appel aux sens m'a inspiré dans la création de mon *Expérimentation 3 Micro Compo* (Fig. 34) qui propose des modules à composer.



Fig. 32 : Éloïsa Pérez, *Learning forms*, projet de recherche, 2017, à l'ANRT.

39. Éloïsa Pérez, graphiste.

40. Terrain Vagues, studio de design graphique.

41. Le Vaisseau, Ibid.



Fig. 33 : Terrain Vagues, *Atelier Herbier imaginaire*, en collaboration avec le Vaisseau, Strasbourg, juillet 2017.



### Expérimentation 3 - Micro Compo

Décembre 2020

J'ai souhaité développer un objet qui n'est pas essentiellement didactique, je voulais solliciter l'imaginaire de l'enfant. J'ai émis l'hypothèse que l'imaginaire pourrait être un bon moyen pour initier les enfants à la microbiologie, et laisser place à leur créativité. L'objet que je leur ai proposé s'appelle *Micro compo* (Fig. 35) : les enfants disposaient de formes modulables de micro-organismes à composer dans une goutte d'eau. Chacun d'entre eux avait à disposition une goutte d'eau et pouvait créer une multitude de combinaisons de formes à l'intérieur.

J'ai eu la chance d'agir en tant qu'intervenante dans le périscolaire de Preuschorf pour encadrer ce dispositif. Cela m'a permis de voir comment agissaient les enfants et comment ils recevaient cette thématique. J'ai disposé les formes au centre de la table et les enfants pouvaient les approcher pour composer la goutte de micro-organismes. Ils ont beaucoup apprécié, ils étaient plutôt amusés. J'ai pu observer que les enfants s'échangeaient les formes entre eux, ils voulaient parfois avoir la forme de leur voisin. Ils avaient l'envie de collaborer, de créer des combinaisons de formes ensemble.

Ils étaient parfois en train d'attendre que leurs camarades finissent pour recréer une combinaison avec les micro-organismes des autres. Ainsi, j'aimerais développer cet objet à une plus grande échelle afin que les enfants puissent jouer et d'imaginer ce qui vit dans une goutte d'eau en combinant des formes à plusieurs.



Fig. 34 : *Micro Compo*,  
Expérimentation  
personnelle.

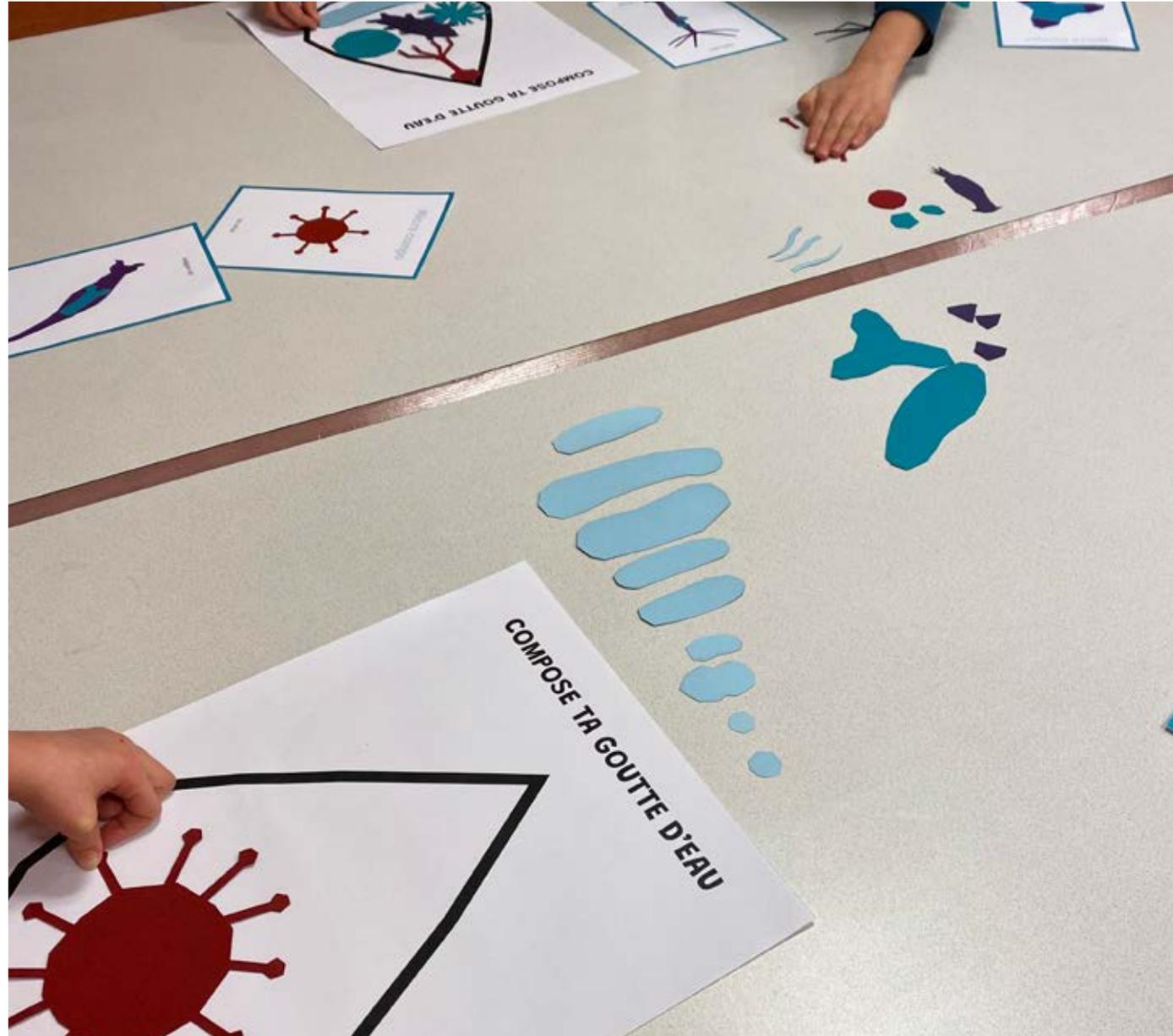


Fig. 35 : Micro Compo, Expérimentation personnelle testée au périscolaire de Preusdorf.

### Contempler l'infiniment petit

Les arts et le design ont avant tout pour vocation de donner à voir. Les dispositifs sensoriels peuvent également passer par la vue, l'observation et la contemplation de ce monde invisible. Selon Jonathan Colombet<sup>42</sup>, "Il faut transmettre la beauté impressionnante de la vie microscopique."<sup>43</sup> L'Atelier Tigres Gauchers<sup>44</sup>, a notamment travaillé cette question d'observation dans le cadre de leur exposition *Les mondes invisibles des animaux microscopiques* (Fig. 36). Hélène Rajcak et Damien Laverdunt ont réalisé des cubes diorama à la suite de leur livre d'illustration éponyme (Fig. 37). Le but de ce projet est de faire découvrir aux enfants les micro-écosystèmes qui nous entourent ainsi que la diversité des animaux qui y vivent. Les cubes ont un trou qui permet aux enfants de regarder les micro-organismes qui s'y cachent,

comme si c'était le trou de serrure du monde invisible. Chacun des cubes possède une thématique, par exemple le plancton.

Cette notion d'observation m'intéresse dans ma démarche de recherche de projet. Je me suis demandé : à quelle échelle faut-il faire découvrir les micro-organismes? La question d'échelle est intéressante car elle modifie la perception que l'on peut avoir des micro-organismes. L'idée d'agrandir l'échelle à taille humaine peut donner une autre vision de ce monde minuscule. Cela peut donner une impression de pénétrer dans leur monde, ou bien d'être à leur place. Mais, à l'inverse il est possible de dévoiler ce monde invisible avec de tout petits objets pour faire comprendre aux enfants à quel point les micro-organismes sont petits comparés à eux.

**Dès lors**, des dispositifs sensoriels pourraient permettre au jeune public de découvrir la microbiologie aquatique. Faire appel aux sens stimule les enfants et leur donne envie d'en savoir plus sur ce monde invisible. Mes expérimentations m'ont permis de comprendre que les enfants aiment collaborer et s'entraider. Comme l'évoquaient Pablo Servigne<sup>45</sup> et Gauthier Chapelle<sup>46</sup> dans l'ouvrage *L'entraide, l'autre loi de la jungle*<sup>47</sup>, le vivant est souvent pensé comme soumis à la loi du plus fort. Cette idée qui s'appuie sur la chaîne alimentaire existe cependant elle n'est pas la seule et pas la plus importante règle de coexistence au sein du vivant. Animaux, plantes et micro-organismes ont chacun un rôle singulier et essentiel au bon fonctionnement de la planète. Les auteurs expliquent même dans ce livre la prédominance de systèmes de collaboration entre différents individus d'une même espèce et même inter-espèces c'est la loi de l'entraide. Cette donnée nouvelle dans la compréhension du vivant change notre regard sur l'altérité animale. Il en est de même pour les micro-organismes, une communauté invisible. À l'instar du microbiote intestinal qui assure la digestion de l'Homme. Il est ainsi intéressant de montrer aux enfants en quoi nous pouvons nous inspirer d'autres communautés du vivant pour échanger et s'entraider, ouvrir une transmission du partage, un regard bienveillant sur l'altérité.

42. Ibid.

43. Issu d'un entretien avec Jonathan Colombet.

44. Atelier Tigres Gauchers d'illustrateurs jeunesse fondé par Hélène Rajcak et Damien Laverdunt.

45. Pablo Servigne, auteur et conférencier.

46. Gauthier Chapelle, ingénieur agronome et docteur en biologie.

47. Pablo Servigne, Gauthier Chapelle, *L'entraide, l'autre loi de la jungle*, Paris, Les liens qui libèrent, Octobre 2017, 224 pages.



Fig. 36 : Atelier Tigres Gauchers, *Les mondes invisibles des animaux microscopiques*.



## LA MICRO-JUNGLE DES LITS

Vous venez de vous coucher et d'éteindre la lumière. Tandis que le sommeil vous gagne, toute une jungle miniature s'anime dans votre lit. Dans le silence de la chambre, les acariens\* des poussières, *Dermatophagoides pteronyssimus*, se réveillent, vivifiés par la chaleur de votre corps et l'humidité de votre transpiration. Dans les fibres des draps, au cœur d'une forêt de champignons microscopiques, ces troupes d'acariens partent en quête de nos squames, peaux mortes dont ils se délectent. Mais ce paisible festin est bientôt troublé par l'arrivée de terribles prédateurs, les acariens *Cheyletus eruditus* qui provoquent la fuite des acariens des poussières. Ceux qui ne se déplacent pas assez vite sont éventrés par les grandes pinces griffues de leurs poursuivants avant d'être dévorés. Cette chasse ne cessera qu'au petit matin, une fois que vous quitterez le lit. Osez-vous pénétrer dans l'univers impitoyable de cette mini-jungle ?

HABITAT EN MILIEU TEMPÉRÉ OU TROPICAL



12 a



Fig. 37 : Atelier Tigres Gauchers, Les mondes invisibles des animaux microscopiques, livre.

# CONCLUSION

À l'issue de cette réflexion, révéler ce monde invisible me semble important et ce dès le plus jeune âge. La découverte de la vie microscopique permet aux enfants de connaître les différentes échelles du vivant. À côté d'un tardigrade, l'humain est immense, pourtant le tardigrade est immense à côté d'un virus. Mais chacun à un rôle à jouer !

Cela permet au jeune public de comprendre le monde qui les entoure. Il est ainsi intéressant de leur montrer en quoi ces êtres vivants minuscules sont essentiels aux écosystèmes. Les générations futures ont un rôle important à jouer dans la conservation de ces espèces afin de préserver le territoire, en particulier dans le territoire de la Sauer-Pechelbronn qui s'inscrit dans le cadre de l'objectif TEPOS. En effet, ces animaux microscopiques

sont essentiels dans les réseaux alimentaires aquatiques, certains sont des indicateurs écologiques. La préservation de la biodiversité pourrait donc s'étendre à la préservation de la microbiodiversité.

En tant que designer graphique, je me suis questionnée sur les enjeux de représentation de ces micro-organismes et j'ai pu essayer plusieurs dispositifs ludiques et pédagogiques dans le cadre de mon projet de diplôme *la Cachee*. Cela m'a amené à comprendre que les enfants ont un intérêt pour ce monde invisible. Transmettre par le jeu permet de donner aux enfants l'envie d'en savoir plus, cela leur donne goût à la biologie. Je me suis rendu compte que les enfants apprennent mieux lorsqu'ils sont acteurs de leur apprentissage, avec l'exemple d'ateliers participatifs et de dispositifs sensoriels.

# BIBLIOGRAPHIE & SITOGRAFIE

## Bibliographie

### Ouvrages

Burnie David, *Micro organismes*, Paris, Bayard, 1998, 44 pages.

Sous la direction de Brayer Marie-Ange, Ouvrage collectif, *Catalogue Exposition : Mutations/Créations : La fabrique du vivant*, Paris, Éditions du Centre Pompidou, Éditions HYX, 2019, 320 pages.

Conge Hervé, Michel François, *Micromonde, Voyage sous l'œil du microscope*, Belin, 2014, 191 pages.

Hart Tony, Shears Paul, *Atlas de poche de microbiologie*, Paris, Flammarion médecine-science, 1997, 320 pages.

Rédaction-en-chef de Morizot Baptiste, *Socialter hors série, Renouer avec le vivant*, décembre-février 2021.

Sous la direction de Palka Laurent, Ouvrage collectif, *Microbiodiversité, un nouveau regard*, Paris, Éditions Matériologiques, 2018, page 105.

Palka Laurent, *Le peuple microbien*, Versailles, Quae, 2020, 175 pages.

Pellier Fanny, sous la direction de Le Coustumer Vaïana, Rossin Vincent et Vieillard Bertrand, *Transmettre par le design*, mémoire de recherche, DSAA Design Produit, École Boule, [en ligne] < <https://docplayerfr/110902552-Par-le-design-regards-sur-des-dispositifs-et-des-pedagogies-alternatives.html> >, février 2018.

Ronin Aurore, *Quelle représentation les enfants de maternelle ont-ils des microbes ? Une action pédagogique peut-elle modifier cette vision ?*, mémoire de fin d'études, [en ligne] < <https://hal-univ-fcomte.archives-ouvertes.fr/view/index/identifiant/hal-02964419> >, 2020

Servigne Pablo, Chapelle Gauthier, *L'entraide, l'autre loi de la jungle*, Paris, Les liens qui libèrent, octobre 2017, 224 pages.

## Articles

Billault Jérémy, "Kandinsky : la délicatesse des années parisiennes", Beaux-Arts Magazine, [en ligne] < <https://www.beauxarts.com/expos/kandinsky-la-delicatesse-des-annees-parisiennes/> >, le 23 novembre 2016.

Christinova Iglia, *Sous microscope, l'œuvre se dévoile*, Arts Hebdo Médias, [en ligne] < <https://www.artshebdomedias.com/article/microscope-loeuvre-se-devoile/> >, le 14 mai 2018.

Colombet Jonathan, Geneviève Bricheux, "L'univers étoilé du femto-plancton", CNRS, [en ligne] < <https://inee.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/lunivers-etoile-du-femto-plancton> >, le 16 octobre 2019.

Palka Laurent, "Ne perdons pas de vue le monde microscopique", Usbek & Rica, [en ligne] < <https://usbeketrica.com/fr/article/ne-perdons-pas-de-vue-le-monde-microscopique> >, 9 octobre 2018.

Kirkis, "De l'art avec les bactéries, ou quand les créateurs s'arment d'un microscope", Konbini, [en ligne] < <https://www.konbini.com/fr/tendances-2/bacteria-art/> >, le 28 novembre 2017.

Ruaut Eva, "1 société 100 écoles", *Design et pédagogies alternatives*, publié sur STRABIC, [en ligne] < <http://strabic.fr/1-societe-100-ecoles> >, le 26 novembre 2014.

Valeur Bernard, Questions de couleurs, "Une image en couleurs d'un coronavirus est-elle scientifiquement justifiée ?", Pour la science blog, [en ligne], < <http://www.scilog.fr/questions-de-couleurs/une-image-en-couleurs-dun-coronavirus-est-elle-scientifiquement-justifiee/> >, le 07 avril 2020.

## Projets d'art et de design

Atelier Tigres Gauchers, *Les mondes invisibles des animaux microscopiques*, Actes Sud Junior, 2016, 32 pages.

Atelier Tigres Gauchers, *Les mondes invisibles des animaux microscopiques*, exposition.

Black Sandra, illustrations de bactéries, 2016

Ducos Timon, *La vie du plancton*, bande dessinée numérique en collaboration avec Taraocéan, 2019.

Haeckel Ernst, série d'illustrations, XIXe siècle.

Havas Lenz, *The invisible made visible*, 2014, Pays-Bas.

Harris Rebecca, *Symbiosis*, 2015.

Kandinsky Wassily, *Entassement Réglé*, 1938, Huile et ripolin sur toile, 116 x 89 cm, Centre Pompidou, Paris.

Klinger Jan, *Bacteria lamp*, 2019.

Leuckart Rudolf, série d'illustrations, XIXe siècle.

*Organoïde*, projet artistique initié par l'institut Pasteur et l'artiste Fabrice Hyber.

Pérez Éloïsa, *Learning forms*, projet de recherche, 2017, à l'ANRT.

PILI, colorants réalisés grâce à la fermentation de micro-organismes.

Salt Water Press, illustrations de diatomées, 2018.

Tabancay Ruth, *Petri Dishes*, 2017, Sanchez Art Center dans la ville de Pacifica, États-Unis.

Terrains Vagues, *Atelier Herbarier imaginaire*, en collaboration avec le Vaisseau, Strasbourg, juillet 2017.

Van Dongen Teresa, *Ambio*, 2014, lampe suspension.

### Musées & Centres de recherche

Cité des sciences et de l'industrie, Paris, ouverte le 13 mars 1986, créée à l'initiative du président Valéry Giscard d'Estaing.

Laboratoire Microorganismes : Génome et Environnement, Aubière (63).

Le Vaisseau, Strasbourg, centre de découverte scientifique pour les enfants, créé en 2005 à l'initiative du Conseil départemental du Bas-Rhin.

Micropia, musée, Amsterdam, créé en 2002 par le directeur du zoo royal d'Amsterdam Artis : Haig Balian.

*Mutation Création, La Fabrique du vivant*, exposition, Centre Pompidou, 20 févr. - 15 avril 2019.

### Reportages & documentaires

Pitiot Michael, Ragobert Thierry, Taraocéan, *Le monde secret*, reportage, studio Pathé, 2011, première diffusion Planète Thalassa.

Thys Tierney, TED-ED, *The secret life of plankton*, documentaire, 2012, youtube.

# ANNEXES

## Série d'images de micro-organismes

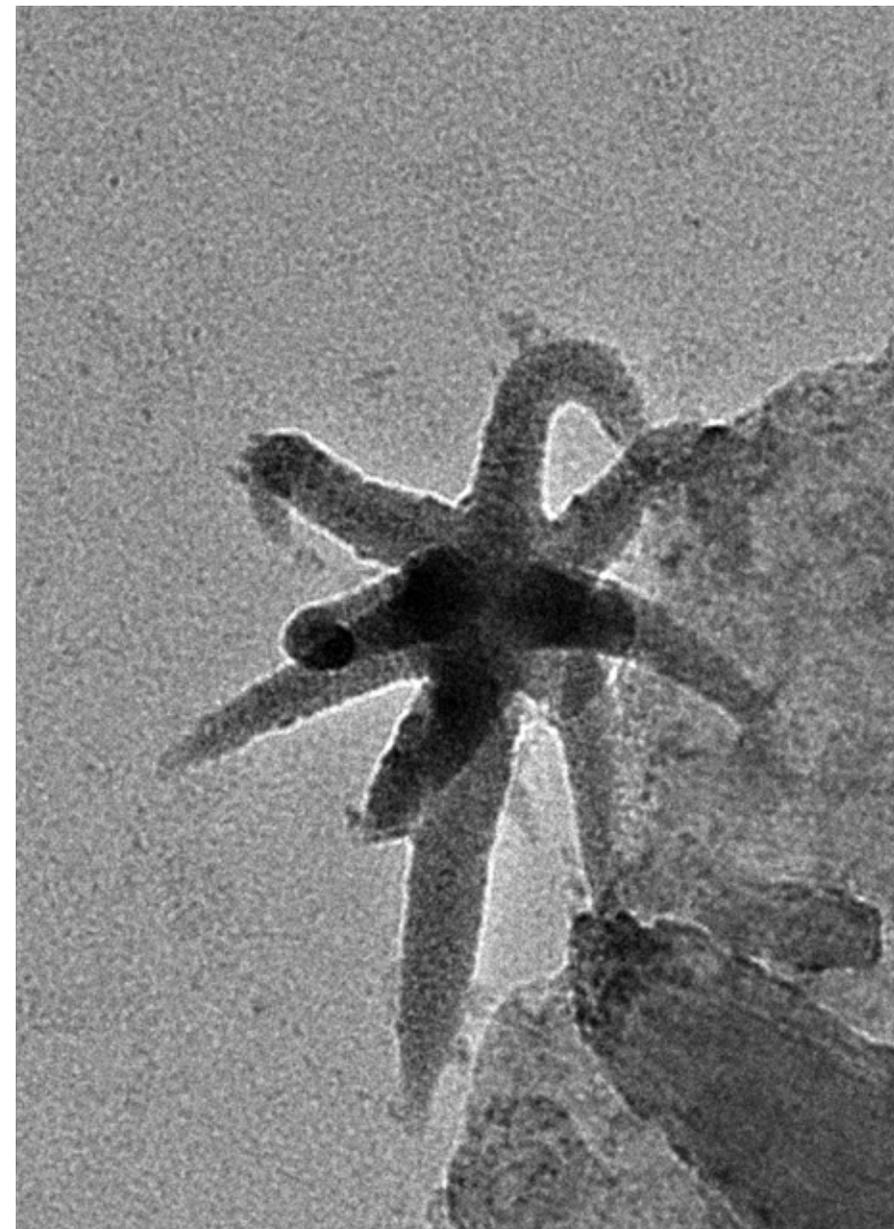


Image d'une ALN  
du laboratoire  
*Microorganismes :  
Génome et  
Environnement*, réalisé  
au microscope  
électronique.

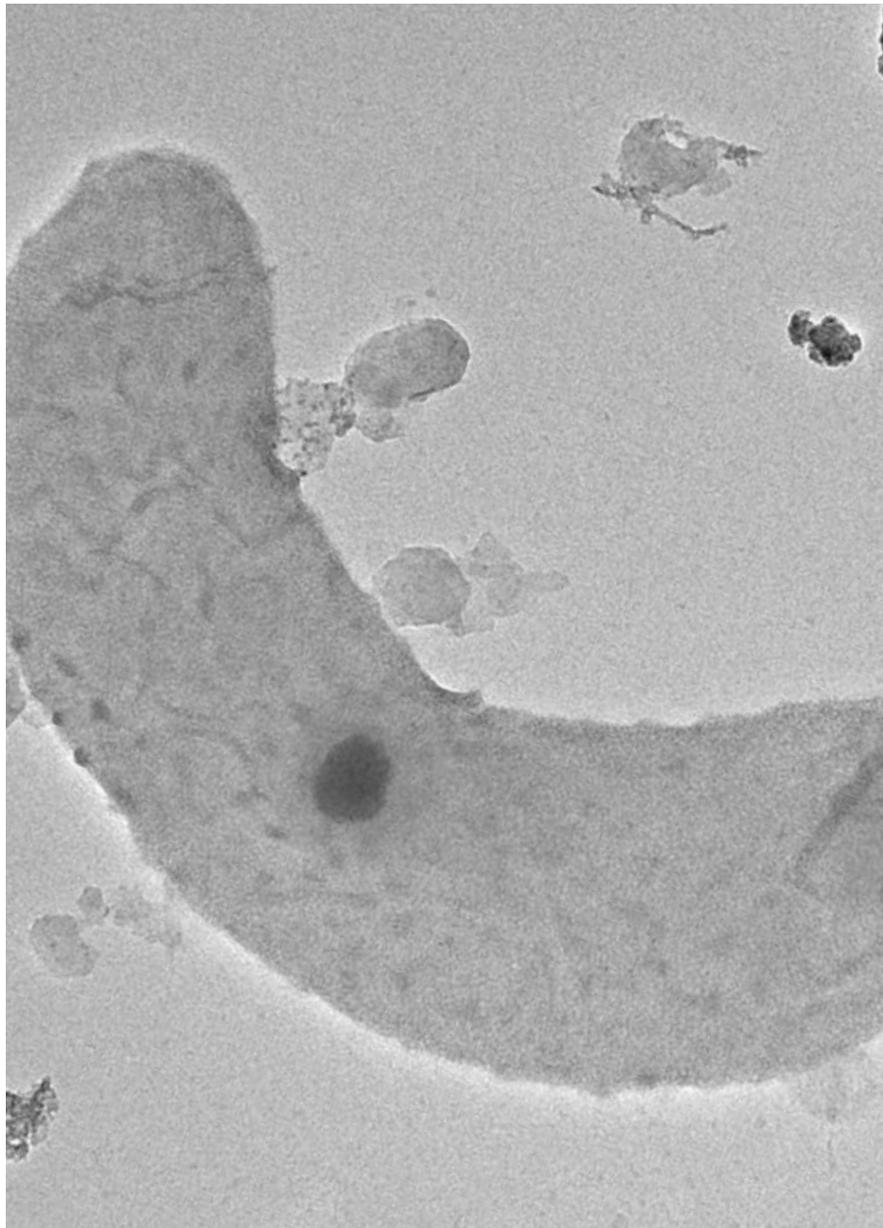


Image d'une bactérie  
du laboratoire  
Microorganismes :  
Génome et  
Environnement, réalisé  
au microscope  
électronique.

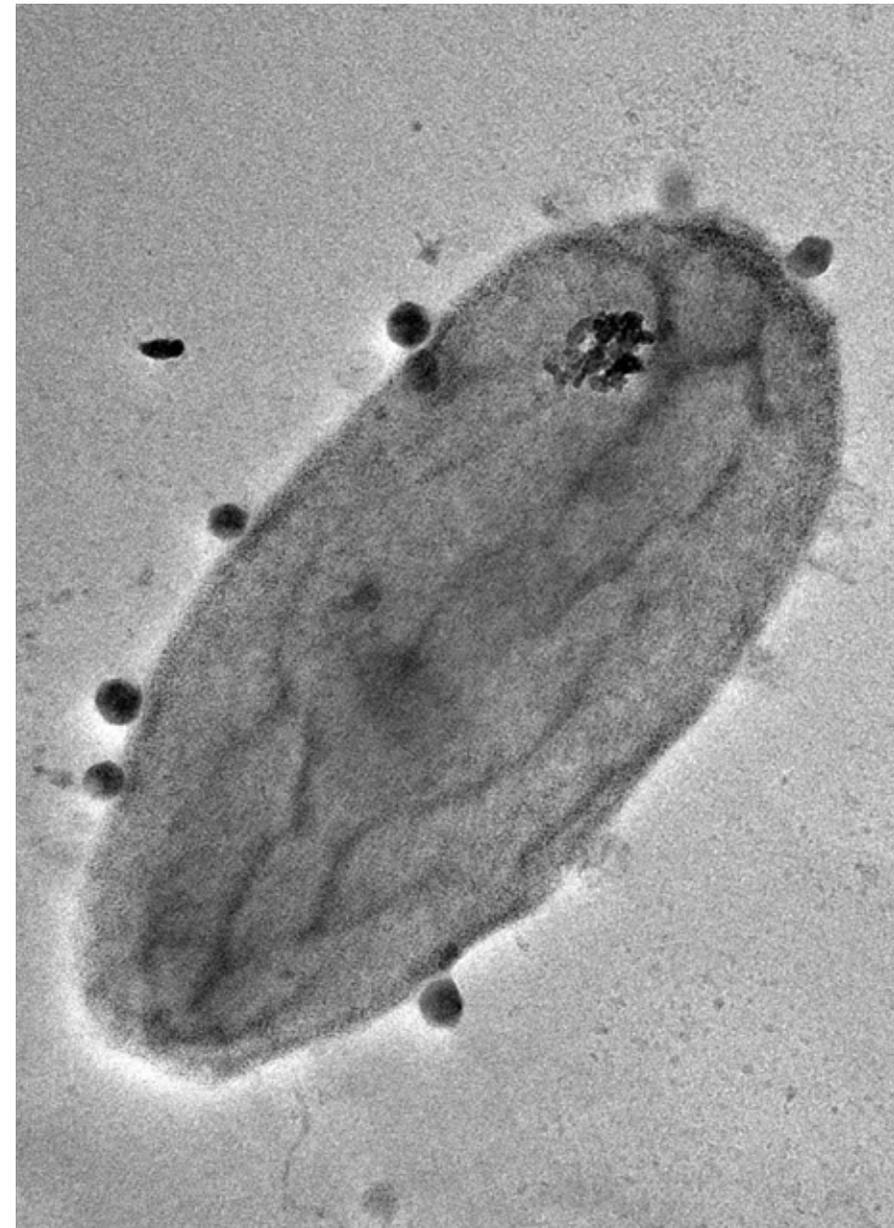


Image d'une bactérie  
infectée par des  
virus du laboratoire  
Microorganismes :  
Génome et  
Environnement, réalisé  
au microscope  
électronique.

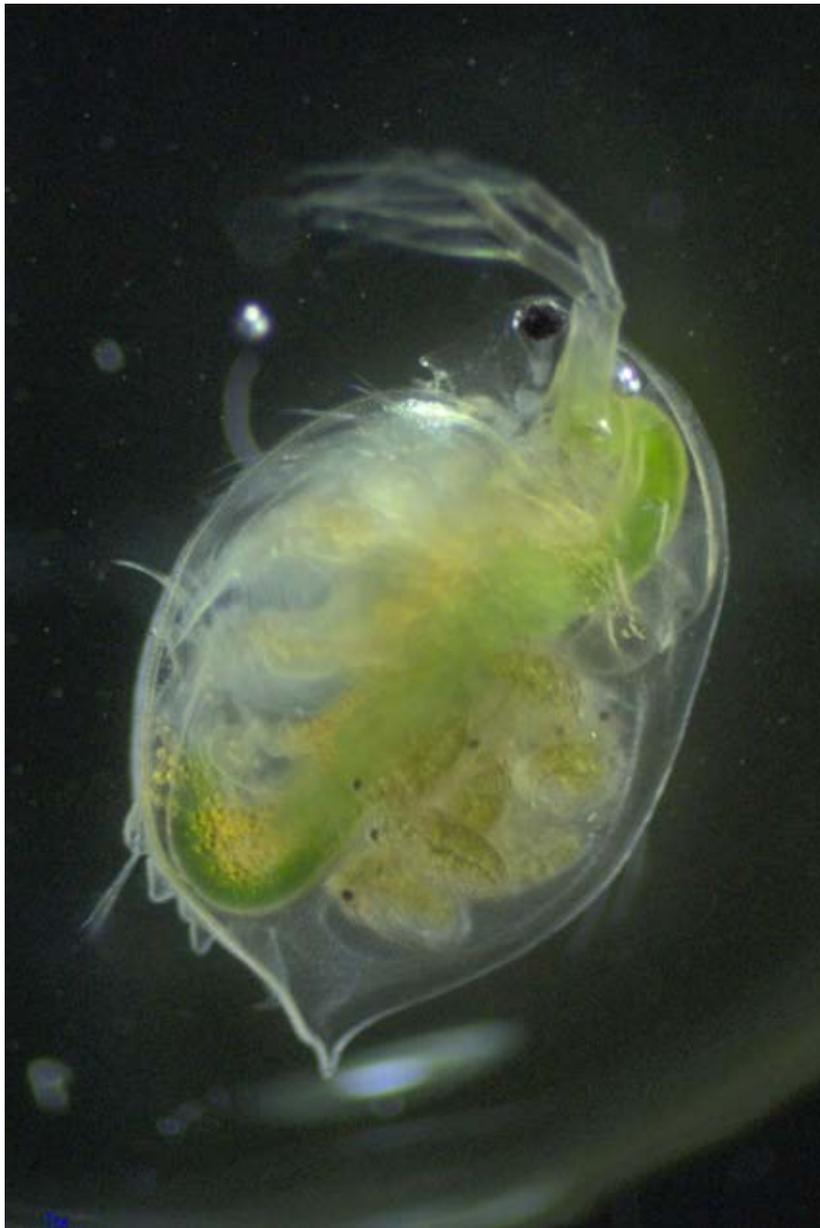


Image d'une daphnie  
du laboratoire  
Microorganismes :  
Génome et  
Environnement, réalisé  
à la loupe binoculaire.



Image d'un vorticelle  
du laboratoire  
Microorganismes :  
Génome et  
Environnement,  
réalisé au microscope  
à épifluorescence.

**Rédaction & Identité graphique**

Pauline Fleury

**Impression**

Imprimé à l'imprimerie Point Carré en avril 2021

**Papier**

Couverture : Nautilus super white 300 g

Pages intérieures : Nautilus super white 100 g

**Typographies**

Six Caps de Vernon ADAMS

Karla de Jonny PINHORN



**INVISIBLES**

Au cœur du minuscule