



LOW  
TECH  
LAB

# BIOSPHERE DU DÉSERT

*Une expérience de 4 mois pour repenser  
notre rapport au vivant grâce aux low-tech*

<b>Introduction</b>	<b>6</b>
<b>Le Low-tech Lab</b>	<b>7</b>
QUELQUES PROJETS EMBLÉMATIQUES DU LOW-TECH LAB	7
<b>Biosphère</b>	<b>8</b>
LA BIOSPHÈRE PLATEFORME	9
LA BIOSPHÈRE DU DÉSERT	9
LES COBAYES	10
<b>Les fiches mode d'emploi</b>	<b>12</b>
<b>La nutrition</b>	<b>13</b>
1. CALCULER DES BESOINS NUTRITIONNELS	14
2. TROUVER LES NUTRIMENTS	16
Intrants	16
La spiruline	18
Les grillons	20
La bioponie	22
Le biofiltre	24
<b>Les déchets</b>	<b>27</b>
1. LES DÉCHETS SONT DES RESSOURCES	28
Les toilettes sèches	28
Les mouches soldats noires	30
Les champignons	32
2. CHANGER NOTRE RAPPORT À L'ALIMENTATION	35
3. LE MENU BIOSPHÈRE	36
Idli et dosas	36
Aquafaba	36
Lacto-fermentations	37
Tempeh	37
Graines germées	38
Recettes	39
<b>L'eau</b>	<b>46</b>
1. CALCUL DES BESOINS	47

2. LA PRODUCTION D'EAU DOUCE .....	48
<b>Le dessalinisateur solaire .....</b>	<b>48</b>
3. LE CIRCUIT D'EAU FERMÉ .....	51
<b>Le savon biosphère .....</b>	<b>53</b>
<b>PLA: plastique biosourcé et biodégradable .....</b>	<b>55</b>
4. LA MINÉRALISATION DE L'EAU .....	56
<b>Le filtre à eau céramique .....</b>	<b>56</b>
<b>L'énergie .....</b>	<b>59</b>
1. NOS BESOINS .....	60
2. LES SOURCES D'ÉNERGIE .....	63
<b>La gestion énergétique .....</b>	<b>63</b>
<b>Le cuiseur solaire .....</b>	<b>64</b>
<b>Le déshydrateur solaire .....</b>	<b>65</b>
<b>Le pédalier générateur .....</b>	<b>66</b>
3. L'ÉNERGIE HUMAINE .....	68
<b>Les matériaux .....</b>	<b>70</b>
1. NOUS ABRITER .....	71
2. SE VÊTIR .....	73
<i>Conclusion</i>	<i>76</i>
<i>Carnet de bord</i>	<i>78</i>
<b>Bienvenue en 2090 ! .....</b>	<b>80</b>
<b>Habitat-écosystème .....</b>	<b>82</b>
<b>L'urée vers l'or .....</b>	<b>84</b>
<b>Mer de Cortès, l'Aquarium du Monde .....</b>	<b>86</b>
<b>Centrale musculaire .....</b>	<b>88</b>
<b>Le Jardin des saveurs .....</b>	<b>90</b>
<b>Eau douce, l'enjeu du désert .....</b>	<b>92</b>
<b>Cuiseur parabolique solaire .....</b>	<b>94</b>
<b>Douche champignonnière .....</b>	<b>96</b>
<b>Le Crotale .....</b>	<b>98</b>
<b>Scorpions du désert .....</b>	<b>100</b>

Broyeur manuel .....	102
La pizza Crotale .....	104
Une cuisine sans frigo .....	106
Grillons sauvages .....	108
La mouche soldat noire, le cœur de l'écosystème .....	110
La révolution du Smart-Ordi .....	112
Une hygiène respectueuse .....	114
Le CyberCactus .....	116
Contemplation et apprentissage .....	118
<i>4 mois dans le désert</i>	120
<b>Introduction</b> .....	<b>121</b>
<b>Retours d'expérience</b> .....	<b>123</b>
1. LA CELLULE DE LA BIOSPHÈRE .....	123
2. LE GRAND DÉFI DE L'EAU DOUCE .....	124
3. LA SPIRULINE .....	128
4. LA BIOPONIE .....	133
5. LES GRILLONS .....	136
6. LES CHAMPIGNONS .....	139
7. LES MOUCHES SOLDAT NOIRES .....	142
8. LES HUMAINS .....	145
9. L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE .....	149
10. LA CUISSON SOLAIRE .....	153
11. LE COÛT DE LA BIOSPHÈRE .....	155
12. LE COCON TEXTILE .....	156
13. LES VÊTEMENTS .....	157
<b>Annexes</b> .....	<b>159</b>
<i>Conclusion</i>	161





# Le Low-tech Lab

Nous employons le terme low-tech pour qualifier des objets, des systèmes, des techniques, des services, des savoir-faire, des pratiques, des modes de vie et même des courants de pensée, qui intègrent la technologie selon trois grands principes : **Utile. Accessible. Durable.**

L'association Low-tech Lab a pour mission de dénicher, tester et partager ces solutions avec le plus grand nombre, et ce, grâce à différents programmes de recherche, d'explorations et d'expérimentations. Ainsi, le Low-tech Lab souhaite contribuer à l'émergence de modes de vie, de production ou de consommation plus sobres, plus respectueux et plus résilients, in fine à l'avènement d'une société plus soutenable et surtout, plus désirable !

Ce travail de repérage, d'expérimentation, de documentation et de partage est assuré par toute une communauté de **Low-tech Explorers** et de **Low-tech Labs** à travers le monde. Grâce à eux ce sont :

**956**  
initiatives  
documentées  
et continuellement  
actualisées

**91**  
pays référencés  
sur tous  
les continents

**12**  
domaines  
d'application:  
énergie, nourriture,  
hygiène, matériaux,  
habitat, outils, eau...

## Pour en savoir plus:

- [Les tutoriels](#)
- [Le programme Low-tech Labs](#)
- [Le programme Low-tech Explorers](#)

## QUELQUES PROJETS EMBLÉMATIQUES DU LOW-TECH LAB

### Expédition Nomade des Mers

6 ans autour du monde à bord d'un catamaran-laboratoire en quête d'initiatives low-tech.

À lire : *Nomade des Mers* de Corentin de Chatelperron et Nina Fasiciaux (2018).

À regarder : la série documentaire Arte

*Nomade des Mers, les escales de l'innovation.*

## **Habitat Low-tech**

L'équipe sillonne la France pendant un an pour documenter une douzaine de low-tech et les expérimenter dans une tiny house auto-construite.

À lire : *Low-tech, repenser nos technologies pour un monde durable* de Clément Chabot et Pierre-Alain Lévêque (2021).

## **Les Enquêtes**

Série d'enquêtes auprès d'initiatives françaises incarnant localement une démarche low-tech.

À lire : *Perspectives low-tech* de Gauthier Roussilhe et Quentin Mateus (2023).

## **Le projet Territoire**

Accompagnement de vingt organisations publiques et privées du territoire de Concarneau dans leur transition low-tech pour favoriser la sobriété et la résilience du territoire.

**Pour en savoir plus :**

→ [lowtechlab.org](http://lowtechlab.org)

# **Biosphère**

Après une dizaine d'années d'exploration autour du monde en quête de low-tech, le programme Biosphère cherche à combiner ces découvertes afin de concevoir des modes de vie sains, durables, accessibles au plus grand nombre et désirables pour l'avenir. Ce travail prospectif a pour but d'aboutir à un concept de mode de vie digne et désirable, fondé sur la conviction que l'Humain peut habiter la Planète de manière saine et durable en harmonie avec son environnement. Le programme Biosphère est une suite d'expérimentations de mode de vie dans des contextes différents. Il s'entoure d'experts de nombreux domaines : nutrition, ergonomie, design, ethnobotanique, experts de la santé, spécialistes techniques. Grâce à son approche transdisciplinaire, le programme a l'ambition de s'adresser à plusieurs des objectifs de développement durable donnés par l'ONU, notamment sur l'accès à l'eau, l'énergie propre et la nourriture saine.



## LA BIOSPHÈRE PLATEFORME

En 2016, c'est le départ du tour du monde du catamaran-laboratoire [Nomade des Mers](#). Il fait escale en Afrique, en Amérique Centrale et en Asie du Sud où l'équipage étudie de nombreux savoir-faire low-tech. Le programme Biosphère arrive comme une suite logique à ces découvertes. En 2018, pendant l'escale en Thaïlande, Corentin s'installe avec une trentaine de low-tech sur une plateforme flottante ancrée au large d'une île déserte. Pendant 4 mois il tente de combiner ces savoir-faire pour répondre à ses besoins de manière très efficiente et accessible à tous. Cette base-vie abrite un écosystème vivant produisant de la nourriture, de l'eau et de l'énergie. Il nomme le projet « Biosphère » en référence aux écosystèmes clos expérimentés par les agences spatiales. Le récit de son expérience est disponible via *Ma Biosphère*, aux Editions Arthaud et [un documentaire Arte](#).

## LA BIOSPHÈRE DU DESERT

En 2020, Corentin et Caroline décident de concevoir une seconde Biosphère, cette fois dans un milieu aride et isolé. Le sol sera impropre à la culture, il n'y aura aucun accès à l'eau douce ni à l'électricité. Pourquoi ce choix ? Les milieux arides s'étendent chaque année. Actuellement les surfaces terrestres dites arides couvrent 41 % de la planète et concernent un habitant sur trois. Ces conditions climatiques difficiles concernent donc de plus en plus de monde, mais cette contrainte est stimulante pour mettre au point un écosystème économique en eau et le plus autonome possible.

Installée dans un désert de Basse-Californie au Mexique, cette Biosphère de 60 m<sup>2</sup> devra produire suffisamment de protéines, de vitamines et de minéraux pour faire vivre deux humains, avec moins d'un euro d'intrants par jour. En plus de ces objectifs techniques, Caroline et Corentin travaillent sur la désirabilité et le design pour créer l'imaginaire d'un futur low-tech souhaitable. Ils choisissent de se projeter en 2090, dans un monde où les ressources fossiles sont devenues rares et où on utilise principalement des matériaux biosourcés. Pour préparer cette expérience prospective, ils rencontrent de nombreux spécialistes et designers qui les aident dans la conception, le dimensionnement et la fabrication de tout l'écosystème de la Biosphère. Durant les 4 mois d'expérimentation, un protocole scientifique suivra ce qu'un

mode de vie low-tech apporte en termes de santé physiologique, psychologique et social.

Leur volonté est de mettre en lumière la compatibilité de cette façon de vivre avec un état de bien-être. La Biosphère du désert, à travers un nouveau récit technologique, doit stimuler une réflexion sur notre manière d'habiter la Terre, nos modes de vie et notre rapport au vivant afin de redimensionner la valeur de ce qui nous entoure.

## LES COBAYES



Architecte d'intérieur belge de 30 ans, **Caroline** a travaillé dans la conception et la production d'objets à base de mycélium de champignons, réelle alternative au plastique et isolation pétro-sourcée. En 2019, elle rejoint l'équipage de Nomade des Mers pour s'occuper de la gestion et l'aménagement de l'écosystème embarqué. Caroline est passionnée par les approches multi-compétences, particulièrement pour repenser notre rapport au vivant à travers l'habitat.



Ingénieur généraliste français de 40 ans, **Corentin** a vécu 4 ans au Bangladesh où il a conçu un matériau composite à base de fibre de jute pour la construction navale, avant de créer l'association du Low-tech Lab en 2013. Pendant 6 ans, à bord du bateau-laboratoire Nomade des Mers, il a étudié et pratiqué des dizaines de savoir-faire low-tech. Persuadé qu'il est possible d'habiter autrement notre planète, les projets de Corentin ont pour vocation de proposer un autre mode de vie, plus sain et respectueux de l'environnement.



# *Les fiches mode d'emploi*

*Les fiches techniques sont complémentaires de la web-série présentant la préparation, la conception et la fabrication de la Biosphère dans une démarche low-tech. Sous forme d'épisodes, cette dernière est disponible en ligne sur Arte.*

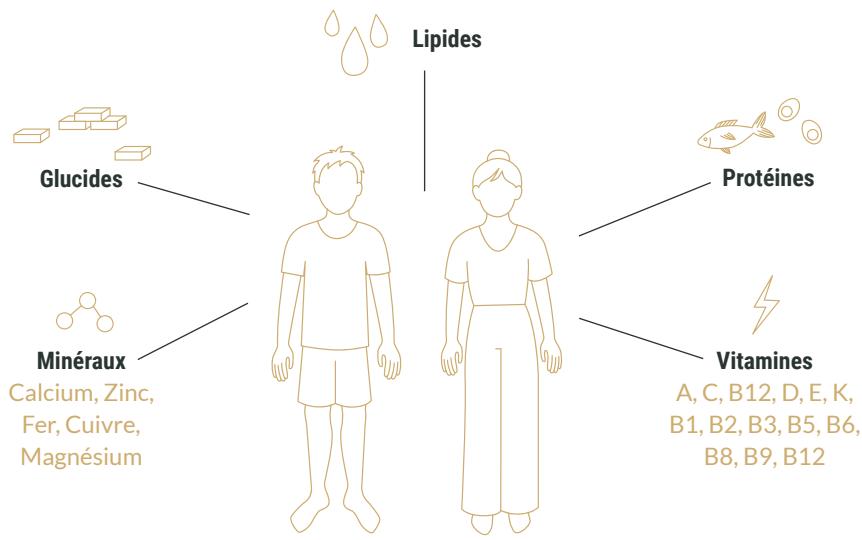
# La nutrition

## enjeu : Assurer nos besoins alimentaires

Alors que notre planète dispose suffisamment de ressources pour nourrir l'ensemble de l'humanité, [un rapport Oxfam datant de 2021](#) estime qu'environ un quart de la population mondiale n'a pas accès à une alimentation de qualité et suffisamment nutritive. Cette préoccupation croissante en matière de sécurité alimentaire est alimentée par divers facteurs, notamment avec les conflits, les dérèglements climatiques et les problèmes structurels de notre système alimentaire mondial.

Si l'accès à la nourriture est moins problématique dans les pays occidentaux, nous constatons néanmoins une inquiétante perte de vitalité et une augmentation des maladies liées au mode de vie, telles que l'obésité, les maladies chroniques et les intolérances. Cette tendance peut s'expliquer par la détérioration progressive de notre alimentation au fil des décennies, rendant nos repas déséquilibrés et peu sains. Aujourd'hui, environ 50 % des produits alimentaires disponibles dans les supermarchés sont considérés comme «ultras-transformés», et l'utilisation généralisée de pesticides et d'engrais chimiques est devenue la norme en raison de l'augmentation de la production agricole. Cela entraîne une pollution de l'air, une dégradation des sols et un épuisement des réserves d'eau, mettant en danger de nombreuses espèces vivantes tout en favorisant l'émergence de certaines maladies neurologiques. [En ce qui concerne les dérèglements climatiques, notre modèle alimentaire actuel est responsable de 22 % de l'empreinte carbone totale de notre consommation.](#) D'une part, les aliments parcourrent des milliers de kilomètres avant d'être stockés, conservés puis consommés, ce qui entraîne une forte pollution et une consommation d'énergie élevée. D'autre part, la production de viande demeure une dépense importante pour les ménages français, alors que [l'élevage de bétail est responsable d'un quart des émissions mondiales de gaz à effet de serre.](#) Sa production continue de croître, même si l'on sait maintenant que la consommation moyenne en Europe dépasse largement les besoins nutritionnels. De plus, cette industrie contribue de manière significative à la déforestation massive mondiale, notamment [en Amazonie brésilienne, à hauteur de 63 % du total.](#) Dans ce contexte, il est plus qu'urgent d'adopter un modèle alimentaire différent et de

promouvoir des alternatives enthousiasmantes pour garantir la sécurité alimentaire mondiale. Naturellement, dans notre vision du monde pour 2090, le régime alimentaire humain sera sain, équilibré, local, durable et accessible à tout le monde ! Cependant, de quoi notre corps a-t-il réellement besoin pour être en bonne santé ? Comment produire localement notre nourriture en utilisant le moins de ressources possibles ? Comment réduire puis valoriser nos déchets alimentaires pour créer d'autres ressources utiles ?



Nutriments indispensables au corps humain.

## 1. CALCULER DES BESOINS NUTRITIONNELS



Pour nous éclairer sur nos besoins nutritionnels, nous avons fait appel à Anthony Berthou, qui avait déjà suivi Corentin lors de la première expérimentation de Biosphère en Thaïlande. Nutritionniste spécialisé dans le domaine sportif, il promeut une alimentation saine, conciliant enjeux nutritionnels et écologiques pour favoriser la santé.

### ANC & USDA

Pour être en bonne santé, un humain a principalement besoin de glucides, lipides, protéines, vitamines et minéraux. Ces éléments,

essentiels pour satisfaire les exigences physiologiques, sont répertoriés dans la grille des Apports Nutritionnels Conseillés (ANC). Ces recommandations se basent sur des données scientifiques et varient en fonction de l'âge, du sexe, du poids, de la taille ou encore de l'activité physique de chaque individu. Le choix des aliments et leur quantité doivent être soigneusement sélectionnés pour répondre à ces besoins nutritionnels. Pour ce faire, nous nous appuyons sur les valeurs nutritionnelles des aliments répertoriées dans la base de données du département de l'agriculture des Etats-Unis ([USDA](#)). Ainsi, l'objectif est donc d'équilibrer la quantité de chaque aliment pour atteindre les apports nutritionnels recommandés par les ANC spécifiques à chaque individu.

	Amaranth leaves	Sweet potato leaves	Mint leaves
Water	91,5 g	89,2 g	78,6 g
Energy	21 kJ	35 kJ	70 kJ
Protein	2,11 g	2,18 g	3,75 g
Total lipid (fat)	0,18 g	0,34 g	0,94 g
Ash	2,11 g	0,89 g	1,76 g
Carbohydrate	4,11 g	7,38 g	14,9 g

#### Aperçu du tableau USDA de nos plantes comestibles.

La [base USDA](#) a été choisie lors de la première expérimentation de Biosphère en Thaïlande, étant à l'époque plus complète que son équivalent français, Cional. Par souci de simplicité, nous la reprenons dans le cadre de cette nouvelle expérimentation.

#### Méthode

1. Trouver les grilles d'Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) pour chaque individu. Dans le cadre de notre expérimentation, nous nous sommes basés sur les tableaux du rapport ANSES.
2. Trouver les valeurs nutritionnelles de chaque aliment selon la base de données choisie: → USDA ou → Cional
3. Dans un tableur, équilibrer la quantité de chaque aliment pour satisfaire les apports définis par les grilles ANC.

#### Protocole

Pour cette expérimentation, nous avons développé un protocole scientifique en collaboration avec notre nutritionniste, Anthony.

En pratique, nous pesons quotidiennement et au gramme près chaque aliment que nous consommons, puis nous comparons la quantité de nutriments ingérés aux apports recommandés selon nos grilles ANC. Une prise de sang sera effectuée en début et à la fin de l'expérience pour évaluer si notre régime alimentaire est adapté ou s'il entraîne des carences éventuelles.

## 2. TROUVER LES NUTRIMENTS

### Intrants

La plupart des nutriments sont produits au sein de la Biosphère grâce à une combinaison de low-tech. Cependant, l'expérimentation se déroule dans un habitat de 60 m<sup>2</sup> sur une période de 4 mois, ce qui rend impossible la culture de certains aliments, notamment les huiles, les céréales et les légumineuses. Par conséquent, nous avons choisi d'acquérir ces produits en agriculture biologique directement au Mexique. Nous avons privilégié des aliments simples mais essentiels, faciles à stocker, à conserver, disponibles localement et riches en éléments nutritifs. Par ailleurs, nous nous donnons comme objectif de ne pas dépasser un budget d'un euro par jour et par personne pour l'achat de ces intrants, sachant que le seuil de pauvreté mondial en 2022 est estimé à 1,95 € par jour.

#### Les huiles

Contrairement à d'autres huiles, l'huile de canola présente un très bon rapport qualité-prix en raison de ses apports nutritionnels et de son faible coût. Cependant, il est important d'éviter de trop la chauffer pour éviter d'endommager les acides gras bénéfiques pour la santé qu'elle contient. Nous devrons donc redoubler d'ingéniosité pour concocter des plats savoureux en limitant son utilisation en cuisson.

#### Les céréales

Nous avons opté pour la consommation de riz complet et bien sûr de maïs, une céréale abondamment cultivée au Mexique. Outre leurs avantages nutritionnels, ces céréales offrent la possibilité d'être transformées en recettes variées. Par exemple, au broyeur manuel, le maïs devient une semoule ou polenta que nous pourrions cuire à la vapeur pour diversifier nos repas.

## Les légumineuses

Naturellement, nous avons choisi les trois légumineuses les plus répandues et consommées dans le monde: les pois chiches, les haricots et les lentilles. Pour garantir une alimentation équilibrée et savoureuse, nous prévoyons de les cuisiner sous différentes formes.

### **Astuce:**

Associer intelligemment ses aliments peut s'avérer bénéfique pour optimiser l'assimilation des nutriments.

- Les céréales et les légumineuses permettent une meilleure assimilation des protéines végétales.
- Associer l'huile de canola, riche en oméga 3, aux grillons permet une meilleure absorption de la vitamine B12 contenue dans ces derniers
- Pour fixer le fer présent dans la spiruline, il est conseillé de consommer simultanément des aliments riches en vitamine C, tels que du citron, du piment, du chou kale, ...

## Dimensionnement

Basé sur nos besoins ANC et les apports nutritifs de chacun de ces intrants, nous avons estimé nos besoins théoriques pour deux personnes sur une durée de 4 mois:

Intrants	Maïs	Riz	Lentilles	Haricots	Pois chiches	Huile de canola
Quantité 4 mois	16,8 kg	64,8 kg	7,2 kg	7,2 kg	9,6 kg	24 L

La même démarche a été employée pour dimensionner l'écosystème, notamment pour déterminer les dimensions du bassin de spiruline, la surface nécessaire à la culture de légumes-feuilles en bioponie, l'espace requis pour l'élevage des grillons et la culture de champignons.

## La spiruline

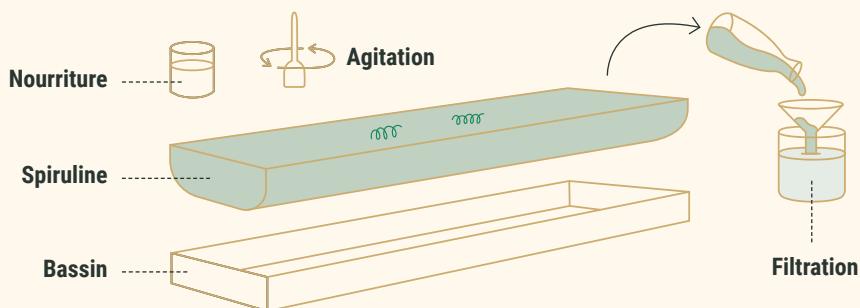


Afin de découvrir tous les secrets de la spiruline, nous sommes allés à la rencontre de Juliette Espagno et Dominique Georgelet à la ferme de Rospico, située à 20 minutes de Concarneau.

La spiruline est une cyanobactéries, autrefois nommée « algue bleue », présente naturellement dans des lacs peu profonds, chauds et alcalins. Au vu de sa riche composition en protéines, vitamines et minéraux, elle est consommée depuis plusieurs siècles par des peuples d'Amérique centrale et d'Afrique. De part ses propriétés nutritives et sa facilité de culture, la spiruline a naturellement été choisie pour faire partie de l'écosystème de la Biosphère.

### Intérêt :

La spiruline est plébiscitée pour sa forte teneur en protéines et se place comme une réelle alternative à l'élevage de bétail. Ramenée à l'hectare, la culture de spiruline rapporte 50 tonnes de protéines par an, soit 260 fois plus que la viande de bœuf, tout en consommant seulement 40 fois moins d'eau que cette dernière, et en ayant un impact environnemental considérablement moindre.



### Fonctionnement de la culture de spiruline

Son bon développement dépend de la maîtrise de plusieurs paramètres. Nous nous sommes beaucoup inspirés des recherches et expérimentations de Gilles Planchon répertoriées dans son livre *La spiruline pour tous*. Dans Biosphère, nous la cultivons dans un grand bassin d'eau salée et alcaline auquel on ajoute une légère quantité d'urine pour la nourrir en azote et en phosphore, ainsi qu'une infime quantité de jus de rouille vinaigré pour lui apporter le fer dont elle a besoin.

Pour vivre, elle nécessite aussi une forte lumi-nosité tout en évitant une longue exposition au soleil. L'agencement de la Biosphère a donc été choisi de manière à protéger la spiruline des particules apportées par le vent et des insectes tout en laissant rentrer un maximum de lumière. Le contrôle de sa température se fait via une sonde dans le but d'atteindre la température optimale de 37 °C qui permet à la population de spiruline d'augmenter d'un quart toutes les huit heures. Enfin, il est important d'assurer une agitation régulière dans le bassin, grâce à une pompe à air par exemple, afin d'éviter que les spirulines en surface ne brûlent et permettre à celles en profondeur de profiter de la lumière.

**Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de culture, rendez-vous sur : → le wiki du Low-tech Lab**

#### Dimensionnement

Généralement les spécialistes conseillent 5 g de spiruline sèche ou 30 g de spiruline fraîche par jour. En plus du complément alimentaire, la spiruline peut aussi être consommée comme un aliment. Il est possible de la consommer en grande quantité, en augmentant progressivement les doses pour laisser le temps à l'organisme de s'y habituer. Toutefois, les besoins en fer varient grandement d'une personne à l'autre, selon le régime alimentaire ou le métabolisme, c'est pourquoi il est conseillé d'effectuer un suivi avec un spécialiste de santé. Après divers essais de compositions de menu, nous visons une consommation de 100 g de spiruline fraîche par personne et par jour. En théorie, nous pourrons récolter 1 gramme de spiruline par litre du bassin de culture. Sachant qu'il est préférable de récolter au maximum  $\frac{1}{4}$  du bassin chaque jour, nous estimons le volume de la culture à 800 L, soit un bac de 10 m de longueur sur 80 cm de largeur pour une profondeur de 10 cm.

## Les grillons

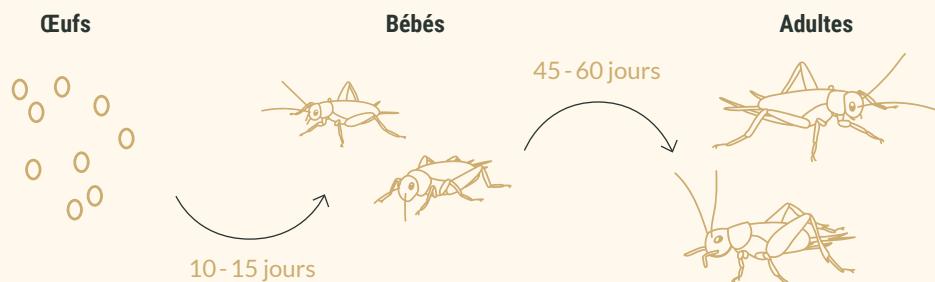


Expert de la production et de préparation de grillons pour l'alimentation humaine, Raphael Dupriez nous a aiguillés pour concevoir notre élevage.

Les insectes côtoient et interagissent avec les humains depuis ses origines et font partie de l'alimentation courante dans de nombreux pays. Véritable bombe nutritionnelle, **les grillons domestiques se démarquent des autres insectes par leurs apports en vitamine B12** mais surtout pour leur quantité de protéine similaire à celle des produits carnés conventionnels. Aucun doute, les grillons feront partie de l'alimentation du futur, ce qui nous encourage à expérimenter leur élevage dans Biosphère.

### Intérêt :

La culture de grillons émet 100 fois moins de gaz à effet de serre que la production de porc et de viande bovine de boucherie tout en nécessitant 25 fois moins de nourriture, 2000 fois moins d'eau et 15 fois moins d'espace !



Le cycle du grillon

Pour se développer, les grillons ont besoin d'un endroit calme où ils bénéficieront de 12 à 14h de luminosité. Placés dans une boîte, ils se nourrissent de céréales, de morceaux de fruits et de légumes frais. Pour se protéger, muer et se reproduire, ils se cachent, d'où l'intérêt de placer des piles de boîtes à œufs formant ainsi d'excellents abris. Enfin, un petit nid, fabriqué à partir de fibres de coco mouillées par exemple, permet aux grillons de pondre. La maintenance quotidienne consiste à s'assurer qu'il ne manque ni eau, nourriture ou chaleur.

**Si vous souhaitez en connaître davantage, rendez-vous sur :**

→ le wiki du Low-tech Lab

### Dimensionnement

Selon nos grilles ANC, nous avons quotidiennement besoin de 2 µg de vitamines B12 par personne. Sachant que dans 100 g de grillons secs on retrouve 24 µg de cette vitamine (USDA), il nous sera nécessaire de consommer quotidiennement 8,3 g de grillons secs chacun. Dans la Biosphère, nous mangerons des grillons frais. Pour prendre en compte le volume d'eau qu'ils contiennent, nous multiplions par 2,9 cette donnée ce qui nous amène à 24 g de grillons frais par jour et par personne. Ramené aux 4 mois d'expérimentation à deux, nous visons une consommation de 5,8 kg de grillons. D'après notre expert, 1 kg équivaut à environ 4000 grillons. Pour assurer nos apports nutritifs sur toute la durée de l'expérimentation, nous devons théoriquement élever 23200 grillons ! Leur cycle de la ponte à l'âge adulte dure entre 55 jours et 75 jours. Nous aurons plusieurs générations successives afin d'étaler les récoltes. D'après les résultats de la biosphère thaïlandaise, un tel élevage demande un volume d'un mètre cube.

Dans la Biosphère, le régime alimentaire des grillons sera semblable au nôtre ! Au menu, légumes-feuille, poudre de maïs, lentille et riz en jouant sur les associations pour permettre une bonne assimilation des nutriments par les grillons. Nous leur donnerons aussi les larves de mouches soldat noires (*voir la fiche Episode 2*) qui apporteront des lipides et protéines. En nous basant sur les résultats de l'expérimentation de Biosphère en Thaïlande, nous prévoyons un ratio de 2,82 kg pour un kilo de grillons produits soit 16,35 kg de nourriture sur les 4 mois d'expérimentation.

### **Astuce :**

L'alimentation des grillons est relativement basique, il faut simplement s'assurer qu'elle soit toujours sèche et facilement accessible. Durant les premiers stades de développement, les grillons nécessitent peu de nourriture mais une alimentation très protéinée. En grandissant, la tendance s'inverse et ils auront besoin de plus de nourriture moins protéinée, particulièrement dès la fin de la troisième mue.



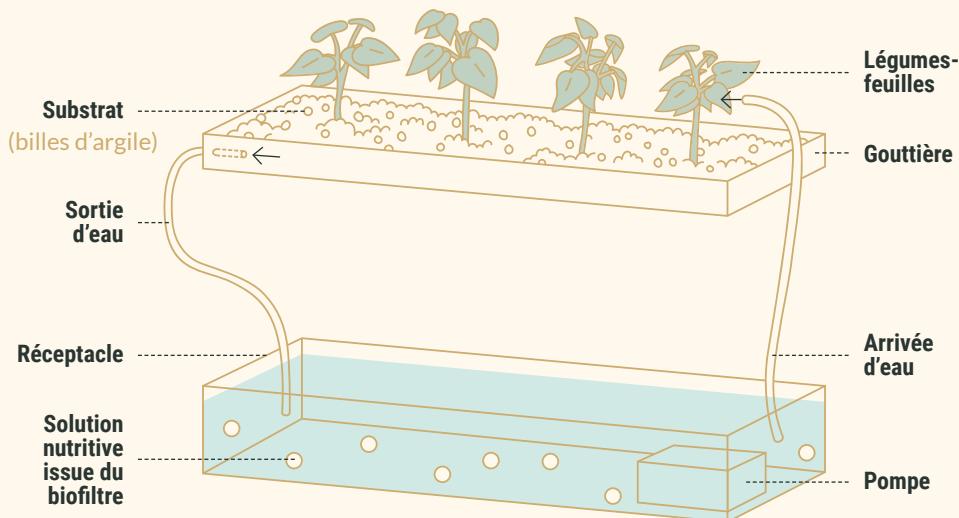
## La bioponie

Spécialistes de l'hydroponie, Marion et Nicolas Sarlé ont fondé Les Sourciers, la première serre hydroponique écologique de France. À leurs côtés, nous découvrons ce qu'il est possible de faire pousser en culture hors sol.

Pour combler nos apports en vitamines, nous prévoyons une culture de légumes-feuilles variés. L'hydroponie est un système de culture hors-sol où les racines des plantes captent directement dans l'eau les nutriments nécessaires à leur développement. Cette technique est particulièrement intéressante dans les zones arides et où la terre est impropre à la culture.

### Intérêt :

Nécessitant jusqu'à dix fois moins d'eau qu'une culture en terre, ce système économise nous semble être le plus adapté à notre expérimentation. Lorsque les nutriments sont organiques et biologiques, l'hydroponie devient bioponie. Dans notre cas, nous utilisons notre urine comme base de solution nutritive pour les plantes.



### Fonctionnement de la bioponie

Sur Biosphère, notre solution nutritive sera à base d'urine, préalablement transformée par des bactéries en nutriments assimilables par les plantes. Sous l'effet d'une enzyme, l'urée

contenue dans l'urine s'y décompose rapidement en ammoniac puis se transforme en nitrites et nitrates assimilables par les végétaux.

**Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de fabrication de la bioponie, rendez-vous sur :** → le wiki du Low-tech Lab

### Dimensionnement

Pour dimensionner notre espace de culture, nous nous sommes basés sur les résultats de la Biosphère en Thaïlande. Sur un mètre carré de culture hors sol, Corentin récoltait en moyenne 30 g de légumes-feuilles par jour. À titre indicatif, les professionnels en récoltent jusqu'à 140 g sur cette même surface. Pour combler nos besoins nutritifs en vitamines et minéraux, nous avons besoin d'un total de 300 g de légumes-feuilles par jour. Nous estimons donc la surface de la bioponie à 10 m<sup>2</sup>.

### **Astuce :**

Dans notre culture en bioponie, nous privilégions les plantes où tout se mange, de la racine jusqu'aux feuilles, comme les radis ronds, les légumes-feuilles ou les micro-pousses. À contrario, nous ne cultivons pas de tomates ou autres légumes-fruits car ils nécessitent beaucoup d'eau et d'espace par kilo de biomasse comestible produite.

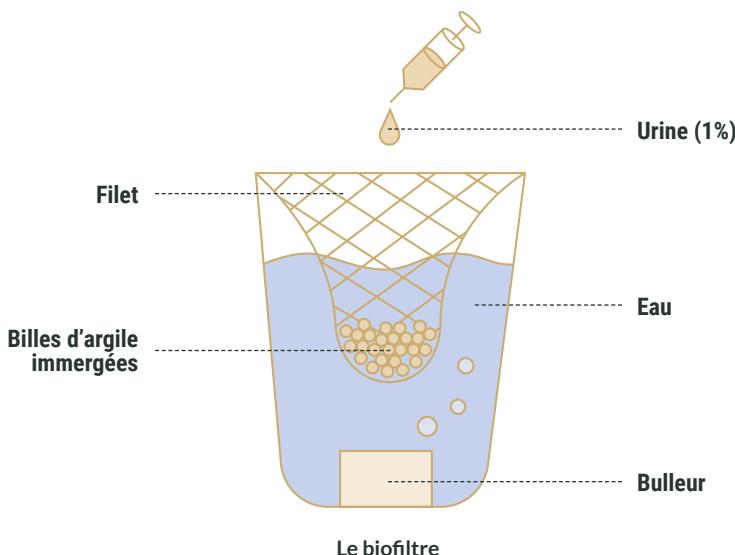
Cultiver ses propres légumes-feuilles est tout un art ! Il faut à la fois s'assurer que le pH de l'eau reste entre 5 et 7 et que la température de l'eau ne dépasse pas les 25 °C.

## Le biofiltre

Les engrais qu'emploie la plupart des utilisateurs de systèmes hydroponiques sont de nature minérale et proviennent donc de gisements fossiles non renouvelables. Sur Biosphère, nous produirons notre propre engrais grâce à un biofiltre, que l'on surnomme « la maison des bactéries ».

Le biofiltre est un réservoir contenant des matières poreuses, généralement constituées de roches volcaniques, abritant des micro-organismes décomposeurs. Ces micro-organismes jouent un rôle essentiel en dégradant les matières organiques présentes dans le jus de compost (lombricompost, bokashi, etc.), appelé communément "percolat". Grâce à leur action, les "déchets" organiques pas encore totalement dégradés sont minéralisés et transformés en éléments simples assimilables par les plantes (azote, potassium, phosphore, magnésium, calcium, fer, oligo éléments...). Ces éléments sont essentiels à leur croissance et développement. Ainsi, le liquide résultant de ce processus peut être utilisé comme engrais dans un système hydroponique.

Bien que la décomposition se produise naturellement dans un sol en bonne santé, une caractéristique importante du biofiltre est qu'il empêche la décomposition de se produire au niveau des racines des plantes, ce qui évite ainsi la pourriture et les carences dans les systèmes de culture hors-sol.



Dans Biosphère, nous utilisons un système de biofiltre à base de billes d'argiles, environnement poreux propice à la prolifération de bactéries bénéfiques. À défaut de percolat, nous utilisons l'urine humaine, engrais naturel azoté. La mise en place d'un biofiltre nécessite environ un mois pour permettre le développement des bactéries nitrifiantes. Une fois développées, ces bactéries sont capables de transformer l'urine en engrais utilisable en seulement trois jours!

**Si vous souhaitez en connaître davantage sur la fabrication d'engrais naturel, rendez-vous sur : → le wiki du Low-tech Lab**



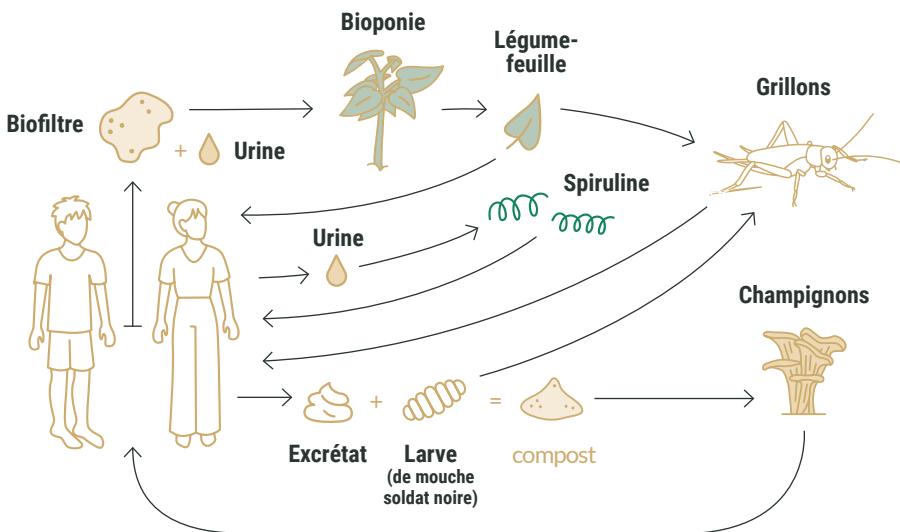
# Les déchets

## enjeu : Transformer les déchets en ressources

Chaque année, près de **2,1 milliards de tonnes de déchets sont générés mondialement**, de quoi remplir quelques 882 000 piscines olympiques. En France par exemple, la quantité de déchets ménagers produits chaque année ne cesse d'augmenter et atteint les **582 kg par habitant**. De plus, **les déchets organiques représentent toujours un tiers du contenu des poubelles d'un foyer français**. Sans changement drastique de nos modes de vie, **la production mondiale de déchets devrait augmenter de 70 % d'ici 2050**. Pour les faire disparaître, nous employons des procédés complexes, énergivores et polluants. Une partie des déchets organiques se retrouve en décharge et est à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre dont le méthane, qui a un pouvoir de réchauffement global 25 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>.

Pourtant, dans la nature, les déchets n'existent pas. Les écosystèmes naturels sont conçus de manière à utiliser chaque élément comme une ressource. Dans une forêt par exemple, les feuilles mortes deviennent source de nourriture pour les champignons, les micro-organismes, les insectes, et ainsi de suite, contribuant à restituer des éléments nutritifs essentiels aux sols et à la végétation.

Imaginons ce monde où les êtres humains ont un impact positif sur l'environnement, à l'image des cycles naturels. Dans notre version du futur, nos modes de vie généreront des ressources plutôt que des déchets ! La Biosphère, conçue comme un écosystème, doit être pensée de manière à intégrer l'Humain dans le cycle des déchets et des ressources, contribuant ainsi à créer un équilibre harmonieux avec la nature. Ainsi, nous constaterons que maximiser l'utilisation des ressources disponibles contribue à la durabilité de notre système alimentaire et de notre environnement.



L'urine, produite par les habitants de la Biosphère, alimente la culture des légumes-feuilles en bioponie et le bassin de spiruline. Les selles sont transformées par les larves de mouches soldats noires, le compost issu de ce processus nourrit les champignons, tandis qu'une partie des larves alimentent les grillons. Les grillons et légumes-feuilles sont ensuite consommés par les humains.

## 1. LES DÉCHETS SONT DES RESSOURCES

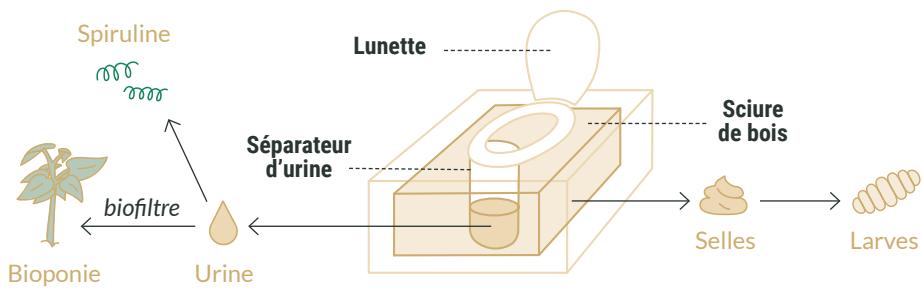
### Les toilettes sèches

Les toilettes sèches, aussi appelées toilettes à compost, sont des toilettes qui n'utilisent pas d'eau. L'intérêt de l'assainissement écologique est de récupérer les excréments afin de les valoriser en les transformant en compost ou en biométhane. Dans la nature, les déjections des animaux et les déchets végétaux sont essentiels car ils participent en permanence à entretenir la vitalité du sol. En revanche, les êtres humains sont les seuls animaux terrestres à évacuer leurs déchets dans l'eau ! Chaque fois que nous tisons la chasse d'eau, **4 à 10 L d'eau douce** sont souillés. Cela semble incohérent, d'autant plus que près d'une personne sur dix dans le monde n'a toujours pas accès à l'eau potable. Il paraît donc aberrant de gaspiller de l'eau et de l'énergie pour traiter les déjections humaines de cette manière.

#### Intérêt :

L'utilisation de toilettes sèches permet de réduire **de 20 % la consommation en eau de son foyer** mais surtout rend possible la gestion des biodéchets à savoir l'urine et les matières fécales pour les transformer en ressources.

Ces déchets organiques, riches en minéraux et nutriments, sont des matières premières qui jouent un rôle important dans le cycle naturel biogéochimique. L'urine par exemple est une ressource gratuite, riche en azote et phosphore, idéale pour la croissance de la spiruline et des plantes. Alors que l'agriculture dépend largement du phosphore issu de gisements minéraux non renouvelables, dont l'épuisement est prévu dans les **50 à 100 prochaines années**, il est regrettable de négliger une ressource naturelle contenant ces éléments essentiels.



**L'urine est utilisée comme fertilisant dans notre système de bioponie et comme nourriture pour la spiruline. Quant à elles, les selles sont directement digérées par les larves de mouches soldats noires.**

#### Fonctionnement et dimensionnement

Dans la Biosphère, nous utilisons des toilettes équipées d'un séparateur d'urine pour valoriser distinctement les deux ressources générées: l'urine et les excréments.

**Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de fabrication, rendez-vous sur → le wiki du Low-tech Lab**

#### **Astuce:**

Une fois les déchets filtrés et éliminés par nos reins, l'urine devient directement utilisable comme fertilisant naturel. Toutefois, il faut s'assurer qu'elle ne contient aucune trace de résidus d'agents pathogènes, de médicaments, ou de traitement tels que la pilule contraceptive. Le charbon actif est une solution naturelle de filtration qui a la capacité d'attirer et de retenir dans ses pores les polluants comme le nitrate, le chlore, les métaux lourds et les résidus médicamenteux. Afin de valoriser au mieux la richesse présente dans l'urine, il est donc conseillé d'adopter une alimentation variée, peu transformée, et de limiter la prise de médicament.



## Les mouches soldat noires

L'élevage des mouches soldats noires, également connues sous le nom de BSF (Black Soldier Flies), représente un véritable atout pour l'écosystème de la Biosphère. Pour en apprendre davantage, nous avons rencontré Gauthier Maire et Florian Montes de l'entreprise Entofly-Bioconversion, spécialisée dans la production de larves de BSF.

Il est estimé que l'espèce humaine produit annuellement environ 300 à 800 millions de tonnes de fèces. Souvent traitées comme un déchet, ces matières fécales finissent au mieux dans les égouts et les fosses septiques, et au pire à l'air libre.

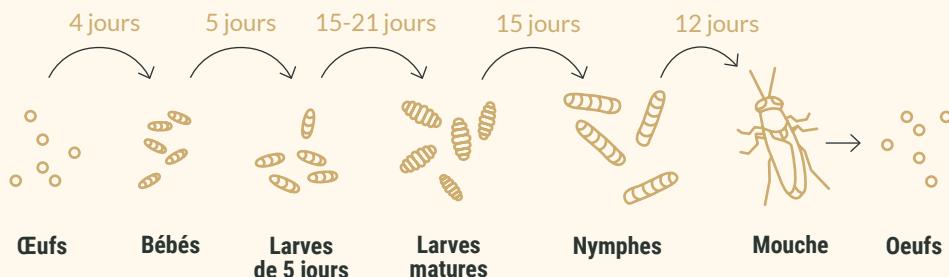
Une approche de valorisation de plus en plus répandue est la transformation de ces matières fécales à l'aide d'insectes, tels que les mouches soldats noires. En digérant les déchets de nos toilettes sèches, les larves de ces mouches produisent un compost de qualité en un temps record !

### Intérêt:

Au bout d'une quinzaine de jours, 1 kg d'œufs de mouches devient en moyenne 10 tonnes de larves vivantes, ce qui permet d'éliminer 40 à 50 tonnes de déchets alimentaires !

Une partie des larves sera utilisée pour la reproduction de l'espèce, tandis que la majorité servira de base alimentaire pour les grillons.

Ces larves sont une excellente source de protéines pour l'alimentation des animaux d'élevage. Leur utilisation permettrait de réduire la surface agricole ainsi que la pêche dédiées à la production de nourriture pour l'élevage.



Le cycle des mouches soldat noires

### Fonctionnement et dimensionnement

Concrètement, à quoi ressemble notre élevage de mouches soldats noires ? Au stade larvaire, elles sont introduites dans notre compost de toilettes sèches. Pendant 2 semaines, elles transforment nos selles jusqu'à atteindre leur taille maximale. Avec nos 300 g de selles par jour, nous pouvons collecter environ 840 g de larves de BSF au bout de 2 semaines. Environs 10 % d'entre elles sont placées dans une boîte où elles se transforment en pupes avant de se métamorphoser en mouches adultes. Devenues mouches, elles se reproduisent dans une volière pour pondre des œufs et assurer une nouvelle génération. Les 90 % de larves restantes sont déshydratées et données comme nourriture aux grillons.

#### **Astuce :**

D'après nos experts, il est préférable de diversifier l'alimentation des larves BSF avec des fruits et légumes trop mûrs. Certains aliments sont cependant déconseillés comme le marc de café ou les peaux de fruits non broyées.

**Si vous souhaitez en savoir plus, nous vous recommandons de consulter le rapport open-source Eawag. Et si vous envisagez de démarrer votre propre élevage de mouches soldats noires, rendez-vous sur → le wiki du Low-tech Lab**

### Démarche

1. Définir la quantité de déchets organiques générée
2. Définir la quantité de larves nécessaire pour transformer ces déchets. En fonction des matières organiques, la masse totale de larves se calcule en divisant par 7,5 la quantité de déchets organiques. Le poids d'une larve mature (12 jours) équivaut environ à 0,16g.
3. Placer 10 % des mouches en volière afin d'assurer la continuité du cycle.



## Les champignons

Passionnés de myciculture et de systèmes low-tech, Xavier Lambert et Jefferson Le Bian sont producteurs de champignons bio au sein de leur entreprise Breizh Bell. Leur spécialité: le clonage de champignons afin d'obtenir des souches de mycélium!

Le champignon, ni végétal ni animal, appartient à un règne biologique à part, avec des stratégies de développement et de reproduction qui lui sont propres. Communément appelé champignon, le sporophore est le fruit de la récolte, ce que l'on trouve en surface. L'autre partie, cachée sous terre ou sous l'écorce, est le mycélium, un réseau de filaments.

Dans Biosphère, nous intégrons les champignons pour apporter saveur et variété dans notre alimentation.

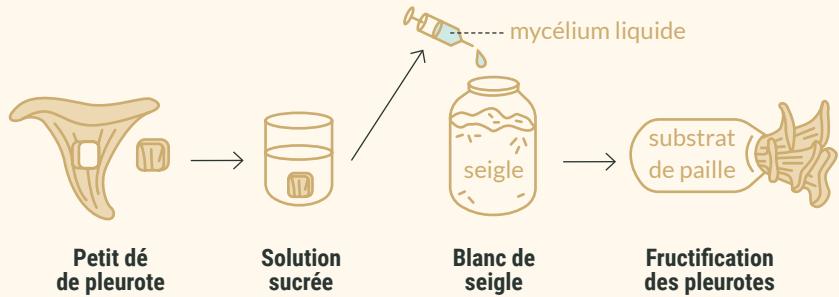
Ces organismes sont capables de transformer les déchets cellulosoïques, tels que la paille ou le bois, en aliments nutritifs et riches en eau.

### Intérêt:

Sur le plan nutritionnel, les champignons apportent protéines, vitamines et minéraux à des concentrations variables selon l'espèce. Par exemple, les shiitakes se distinguent par leur teneur élevée en vitamines et minéraux, tandis que les pleurotes contiennent jusqu'à 5 fois plus de protéines que la plupart des légumes.

Par souci de simplicité de mise en œuvre, nous privilégions la culture de pleurote qui s'intègre parfaitement à l'écosystème Biosphère. En ajoutant le compost généré par les larves BSF au substrat de culture, le compost est ainsi valorisé.

À la différence de la première mission Biosphère, nous expérimentons cette fois la culture du pleurote sur son cycle complet, depuis la production de mycélium jusqu'à la récolte des champignons. Chez Breizh Bell, nous avons réalisé toutes les étapes de culture nécessaires que nous allons reproduire dans la Biosphère au Mexique. Une attention particulière sera apportée aux étapes de production de mycélium, au vu des conditions de stérilité élevées requises pour le bon déroulement de la culture.



Le cycle des pleurotes

### Fonctionnement

Le cycle de développement du champignon débute par l'obtention du mycélium. Le clonage de champignon permet d'obtenir une solution de mycélium liquide que l'on transfère dans des grains de céréales riches en fibres et en glucides. Après 18 à 21 jours, le mycélium a colonisé tous les grains et nécessite un nouvel environnement nutritif. On le transfère donc dans le substrat final, qui dans notre cas est composé d'un mélange de paille et de compost de BSF. Pendant la phase d'incubation, le substrat se développe à l'abri de la lumière, à une température d'environ 20 °C. Après un mois, le mycélium a complètement colonisé le substrat, et nous obtenons un bloc de mycélium entièrement blanc, prêt pour la fructification. Pour assurer une belle croissance, il est recommandé de placer ces blocs dans un environnement humide, bien aéré, avec une faible luminosité, d'où notre volonté d'installer la chambignonnière dans la douche de notre habitat. Une fois les conditions réunies, les premières têtes de champignons, appelées primordias, apparaissent pour former des grappes de pleurotes en seulement 3 jours.

### Dimensionnement

Notre objectif est de produire 1 kg de pleurotes par semaine, ce qui nécessite la préparation de 4 kg de substrat par semaine.

### Astuce:

Dans Biosphère, la valorisation de tous les déchets générés par l'écosystème est une priorité. Généralement, les champignons se développent sur les déchets organiques tels que la paille, le bois de feuillus, la terre ou même du sable, en fonction de l'espèce. Pour notre culture de pleurotes, nous

avons choisi d'utiliser un substrat composé de paille et de compost généré par les larves de BSF. Le substrat résultant de la culture de champignons peut être utilisé comme matériau pour le mobilier ou comme isolant. Ainsi, la Biosphère ne produit aucun déchet, mais des ressources !

Nous avons récemment mené une expérience avec deux échantillons de substrat différents : le premier à base de paille pure et le second composé de 5 % de compost et 95 % de paille. Après la phase d'incubation, nous constatons avec joie que les deux échantillons sont arrivés au stade de fructification, avec un temps plus long pour l'échantillon contenant du compost. Il faudrait pour bien faire poursuivre les tests à plus grande échelle, mais cela représente une belle avancée pour l'équipe Biosphère !

**Si vous souhaitez en connaître davantage sur la culture de champignons, rendez-vous sur → le wiki du Low-tech Lab**

## 2. CHANGER NOTRE RAPPORT À L'ALIMENTATION

Nos habitudes alimentaires sont étroitement liées à l'évolution de nos modes de vie, elles-mêmes influencées par les développements technologiques et industriels, l'urbanisation ou encore l'augmentation du pouvoir d'achat.

La mondialisation a rendu possible la consommation de nourriture provenant des quatre coins du monde, allant jusqu'à nous rendre dépendants de l'importation de certains produits spécifiques. Par exemple, si **40 %** du maïs consommé en Europe provient du bassin de la mer Noire, elle importe aussi l'alimentation pour ses porcs et ses volailles. Au niveau mondial, la prise de conscience de cette dépendance fut d'autant plus flagrante au lendemain de l'invasion russe en Ukraine. Avant la guerre, la Russie et l'Ukraine assuraient 30 % des exportations mondiales de blé, un cinquième du commerce de maïs, et 70 % de celui de l'huile alimentaire de tournesol. Selon l'ONU, 45 pays parmi les plus pauvres importaient au moins un tiers de leur blé d'Ukraine ou de Russie, comme le Bénin dont le blé provient exclusivement de Russie.

Aujourd'hui, il est possible de trouver n'importe quel produit à n'importe quelle saison, sans toujours apprécier la préciosité de notre nourriture, ni comprendre la perte de nutriments face à la mauvaise assimilation de ces aliments et plats trop variés. Dans ce contexte, comment pouvons-nous redonner de la valeur à notre alimentation ?



*Pour Biosphère, la designer Viktorija Stundytė a élaboré un concept de vaisselle en céramique qui, à travers l'art de table, traduit notre relation à la nourriture et à la nature. Son design épuré et organique évoque la préservation de l'environnement ainsi que la collaboration de l'humanité avec la nature, tout en encourageant une plus grande responsabilité et durabilité dans notre manière de consommer.*

En utilisant les dimensions de nos paumes de mains comme point de départ, Viktorija a créé une vaisselle conçue pour tenir parfaitement au creux de nos mains. Pour éviter de manger plus que nécessaire, chaque récipient a été adapté pour contenir la quantité idéale de nourriture permettant d'atteindre la satiété. Du verre aux assiettes, les formes de notre vaisselle épousent les tables en tissu de la Biosphère sublimant ainsi les mets qu'elle contient. Cette alliance entre esthétique et ergonomie nous charme totalement !

### 3. LE MENU BIOSPHÈRE

Depuis l'aventure Nomade des Mers et l'expérimentation Biosphère en Thaïlande, nous avons découvert et expérimenté une panoplie de recettes de cuisine low-tech. Dans une démarche zéro déchet, nous cherchons toujours à valoriser les résidus alimentaires pour les transformer en nouveaux plats délicieux. Ci-dessous, nous vous présentons nos recettes favorites, qui constituent la base de notre alimentation Biosphère.

#### **Idli et dosas**

Gâteaux salés incontournables en Inde, notre ami Johnny nous a fait découvrir sa recette d'idlis lors de son passage sur le Nomade des Mers. Ces derniers sont préparés en cuisant à la vapeur une pâte composée d'un mélange fermenté de lentilles et de riz. Le processus de fermentation casse les amidons de manière à métaboliser plus facilement les protéines et glucides. Cette combinaison de céréales et légumineuses est idéale pour l'assimilation des protéines végétales. Les idlis sont généralement consommés au petit déjeuner et sont traditionnellement servis avec un accompagnement tel que du chutney.

| **Retrouvez la recette complète des idlis → ici**

De la même manière, les dosas sont des crêpes traditionnelles indiennes préparées avec la même base d'idli. Pour varier, il est possible de servir des légumes en accompagnement, d'ajouter du levain à la pâte pour obtenir une texture plus souple, ou encore les aromatiser avec une touche sucrée.

| **Retrouvez la recette complète des dosas sur :**

→ le wiki du Low-tech Lab

#### **Aquafaba**

Savez-vous qu'il est possible de réutiliser le jus de cuisson des légumineuses ? Communément appelée aquafaba, cette eau légèrement épaisse et visqueuse peut servir de substitut d'œuf dans les recettes, notamment en tant que liant, mais surtout pour sa capacité à monter en neige tout comme les blancs d'œuf. Cette technique permet de valoriser ce résidu alimentaire et s'avère particulièrement utile pour les personnes ne consommant pas d'œufs pour des raisons éthiques ou de santé.

**Retrouvez la recette complète sur :**

→ le wiki du Low-tech Lab

### **Astuce :**

Si l'aquafaba présente de nombreux avantages, il convient de noter qu'elle contient certains anti-nutriments et toxines dans les légumineuses, tels que l'acide phytique, des glucides et des sucres complexes susceptibles de provoquer des flatulences. Pour éviter ces désagréments, il est possible d'ajouter du bicarbonate de soude à l'eau de trempage. S'il n'est pas conseillé de boire cette « eau de fèves », il est possible de la donner aux plantes.

### **Lacto-fermentations**

Dans une démarche low-tech, nous recherchons un maximum de sobriété technologique. En ce qui concerne l'alimentation, il existe différentes techniques de conservation qui évitent la consommation d'énergie, comme la lacto-fermentation. Utilisée depuis le néolithique, cette technique consiste à laisser macérer des aliments dans du sel ou une saumure. L'absence d'oxygène permet aux enzymes et aux bactéries appelées lactobacilles de se développer, empêchant ainsi la décomposition et la formation de moisissures. Si cette technique facilite la digestion et l'assimilation des aliments, les légumes lacto-fermentés apportent une saveur particulière aux plats et contiennent autant, voire davantage, de vitamines que les légumes crus.

**Retrouvez la recette complète sur :**

→ le wiki du Low-tech Lab

### **Tempeh**

Le tempeh est un aliment très nutritif, fabriqué à base de soja fermenté par un champignon. Au Mexique nous n'aurons pas de soja, mais il est tout à fait possible de le remplacer par des haricots, lentilles, pois chiches, ou toute autre légumineuse !

**Retrouvez la recette complète du tempeh sur :**

→ le wiki du Low-tech Lab

## **Graines germées**

D'une richesse nutritive fantastique, les graines germées possèdent une forte teneur en vitamines et minéraux. En général, ces graines de céréales ou de légumineuses sont mises à tremper pour ramollir leur peau, appelée tégument. Une fois germées, elles renferment la plus grande quantité d'énergie que peut produire une plante au cours de son cycle de vie.

**Retrouvez la recette complète des graines germées sur :**

→ le wiki du Low-tech Lab

**Si Corentin se contentait de plats simples lors de la première expérimentation Biosphère, nous souhaitons cette fois-ci montrer qu'il est tout à fait possible de vivre agréablement dans une biosphère low-tech tout en explorant l'univers culinaire.**



*Pour apprendre à cuisiner des plats délicieux à partir de low-tech, nous avons fait appel à Nathan Zivitz, un cuisinier ingénieur et engagé dans une démarche éthique et durable similaire à la nôtre. Vous souhaitez connaître le secret pour concocter de bons plats savoureux et variés ? Il suffit de combiner judicieusement les aliments et d'utiliser les différentes techniques de cuisine que nous a appris Nathan. On vous laisse découvrir les recettes qui composeront le menu Biosphère.*

### **Astuce :**

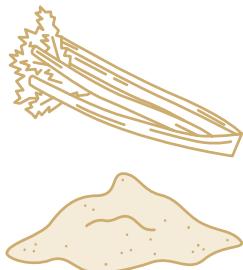
Dans le menu Biosphère, les fruits et légumes sont pour la plupart remplacés par des légumes-feuilles et plantes aromatiques. Par exemple, l'ail a été remplacé par la ciboule de Chine et la ciboulette, le citron par la citronnelle et l'oxalys. En ce qui concerne le sucre, les plantes de stévia et Lippia Ducis sont de véritables alternatives. Le pain est quant à lui remplacé par une base protéinée d'idli décrite plus haut. Pour le reste, nous avons prévu quelques arbustes pour cultiver du piment, des petits poivrons et des agrumes.



## Huile aromatisée

L'huile aromatisée est une façon simple de modifier subtilement la saveur d'un plat. Si nous choisissons de la parfumer au romarin, d'autres épices comme du piment ou du laurier peuvent être utilisées.

1. Pour la préparer, chauffez l'huile dans votre casserole, puis incorporez le romarin et le piment.
2. Laissez refroidir avant d'embouteiller. Il est conseillé de la consommer dans les trois mois suivant sa préparation.



## Sel au céleri

Excellente alternative au sel de table, le sel au céleri est un assaisonnement original apportant une légère note d'amertume au plat.

1. Déshydratez d'abord le céleri puis broyez-le.
2. Puis ajoutez une quantité de sel à votre convenance.



## Pesto de spiruline

La spiruline peut être consommée de nombreuses manières, notamment sous forme de pesto ! Voici une recette simple qui allie bienfaits nutritifs et voyage gustatif.

1. Commencez par pilier des feuilles de basilic dans un mortier.
2. Ajouter ensuite de la spiruline et du sel.
3. Mélangez jusqu'à obtenir une crème homogène. Ajoutez progressivement l'huile d'olive tout en mélangeant jusqu'à obtenir la texture souhaitée. Et voilà, le pesto de spiruline est prêt à être dégusté!

### Astuce:

Évitez de conserver vos aromates dans un verre d'eau! Après seulement quelques jours, les tiges ont tendance à se ramollir et les feuilles à faner. Pour prolonger leur durée de vie d'une quinzaine de jours, placez des bouquets d'aromates préalablement dans des torchons humidifiés, puis disposez-les dans une pièce fraîche.

En tant qu'alternative à la réfrigération classique, le « frigo du désert » vous permettra de maintenir vos aliments au frais, sans avoir besoin d'électricité, grâce au principe de refroidissement par évaporation. **Pour en connaître davantage sur les étapes de fabrication, rendez-vous sur → le wiki du Low-tech Lab**

Conserver des aliments ne signifie pas nécessairement les maintenir au froid! En réalité, la plupart des fruits et légumes peuvent être conservés efficacement et longtemps simplement avec une bonne aération et en étant protégés du soleil. Le garde-manger, sous forme de tiroir à claires, s'intègre facilement dans une cuisine et permet une visibilité directe sur les aliments. **Pour en connaître davantage sur les étapes de fabrication, rendez-vous → sur le wiki du Low-tech**

### Champignons lactofermentés

*Cette recette de lactofermentation des pleurotes permet d'apporter au plat une saveur de champignons plus intense ainsi que le goût caractéristique de la fermentation lactique.*



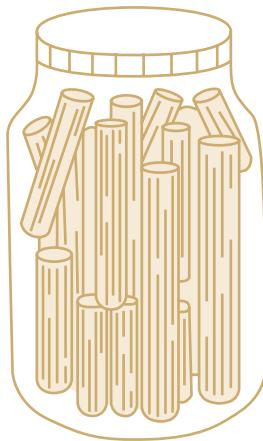
1. Blanchir les pleurotes en les plongeant une minute dans de l'eau bouillante et salée. Cette étape permet d'attendrir le champignon, d'éliminer les toxines et préserver la couleur.
2. Remplir le bocal à conserve avec les pleurotes et de l'eau à hauteur.
3. Peser le poids du bocal puis ajouter la bonne quantité de sel, à savoir 3 % du poids total.
4. Fermer le bocal et laisser fermenter une semaine à température ambiante.



## Mayonnaise végétale

*La mayonnaise végétale est d'une simplicité magistrale. Elle permet d'éviter la consommation de protéines animales, de réduire l'apport en lipides tout en conservant l'onctuosité et l'aspect émulsionné caractéristiques de la mayonnaise traditionnelle.*

1. Dans un mortier, placez des graines de moutarde, de la ciboulette ou autres herbes de votre choix, du sel et du vinaigre.
2. Comme pour la mayonnaise traditionnelle, ajoutez une très petite quantité d'huile et d'aquafaba pour que la mayonnaise végétale prenne.
3. Un fois prise, continuez de piler tout en ajoutant délicatement l'huile pour obtenir une sauce bien crémeuse de couleur blanc ivoire.



## Pickles de céleri

*Une astuce simple pour rehausser la saveur d'un plat est de préparer des pickles de légumes. Pour cette recette, nous avons choisi le céleri, qui ajoutera une touche d'acidité et de relief à nos plats.*

1. Coupez les branches de céleri en petits morceaux et disposez-les dans un bocal.
2. Ajoutez du basilic, de la menthe, des graines de coriandre, du poivre et du sel selon votre goût.
3. Remplissez le bocal à moitié avec de l'eau et à moitié avec du vinaigre.
4. Laissez mariner pendant quelques jours avant de déguster !



## Chips de chou kale

Le chou kale est enfin de retour dans nos assiettes, et Nathan nous a montré comment préparer rapidement et délicieusement des chips de kale.

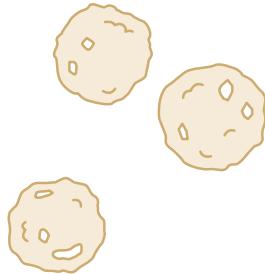
1. Détachez les feuilles de chou kale.
2. Ajoutez un filet d'huile d'olive sur les feuilles et passez-les au four pendant quelques minutes.
3. Saupoudrez de sel et d'herbes déshydratées comme du cumin dès la sortie du four.



## Risotto

Quoi de mieux qu'un risotto pour mettre en valeur nos beaux pleurotes ? Cette recette emblématique de la cuisine italienne est inratable !

1. Faites rissoler les champignons et le persil dans un peu d'huile pendant quelques minutes.
2. Ajoutez le riz et attendez qu'il devienne translucide.
3. Versez l'équivalent d'un verre d'eau et laissez cuire à feu doux jusqu'à évaporation.
4. Poursuivez la cuisson en ajoutant petit à petit de l'eau tout en remuant constamment. Après environ quinze minutes, votre risotto sera prêt !



## Falafel

Véritable régal gustatif et visuel, le falafel est une spécialité végétarienne très répandue dans le Moyen-Orient.

1. Dans un mortier, écrasez les pois chiches cuits, l'huile, le citron et l'ail.
2. Assaisonner à son goût puis servir avec du pain.



## Houmous

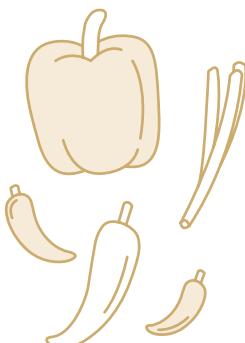
Le houmous, une entrée emblématique de la cuisine libanaise, est une pâte crémeuse et onctueuse à base de pois chiches écrasés. Pour la version Biosphère, nous le ferons fermenter et ajouterons de la spiruline.

1. Placez les pois chiches germés lactofermentés dans un mortier.
2. Écrasez-les en incorporant le vinaigre, la spiruline et le citron.
3. Dégustez cette délicieuse préparation sur du pain idli, des crêpes dosas ou des crackers !

### Astuce:

Savez-vous qu'il est facile de préparer soi-même les pois chiches ? En plus de réduire les déchets, cela permet d'éviter l'ajout fréquent de sucre et de sel dans les boîtes de conserve pour des raisons de conservation. Voici comment faire :

- La veille, faites tremper les pois chiches secs dans un grand volume d'eau.
- Couvrez-les et laissez-les gonfler pendant minimum 8 heures. Le trempage permet de rendre le pois plus digeste et rapide à cuire.
- Le lendemain, égouttez les pois chiches, les rincer à l'eau puis comptez quelques heures de cuisson solaire.



## Salsa fermentée

Faire fermenter les sauces apporte du peps gustatif, du croquant et du relief aux légumes !

1. Placez dans un bocal un mélange de poivrons, de piment et de ciboule de Chine.
2. Remplissez d'eau à hauteur et ajoutez 2 % du poids total en sel.
3. Laissez fermenter pendant 5 jours avant de déguster.



## Grillons

S'il n'est pas commun en Europe de cuisiner des grillons, il n'en reste pas moins un aliment populaire dans de nombreuses cultures. Savoureux et croquant, il suffit de trouver les bonnes associations pour raviver vos papilles!

1. Faites revenir de l'huile et des oignons nouveaux dans une poêle pendant quelques minutes.
2. Après les avoir ébouillantés, ajoutez les grillons et le persil dans la poêle et faites cuire pendant cinq minutes supplémentaires.
3. Assaisonnez à votre goût puis servir chaud!



## Riz au lait

Dessert aussi réconfortant que facile à réaliser, le riz au lait est apprécié pour sa texture crémeuse, régressive et gourmande. Voici comment préparer cette délicieuse recette:

1. Commencez par fabriquer du lait végétal à base de riz. Dans une casserole, cuisez le riz.
2. Broyez ensuite le tout et filtrez à l'aide d'une étamine.
3. Une fois que le lait est prêt, remettez-le sur le feu et incorporez la stévia pour sucrer selon votre goût.
4. Ajoutez ensuite le reste du riz en pluie, puis réduisez le feu.
5. Lorsque le riz affleure le lait, éteignez le feu et laissez le dessert refroidir.
6. Vous pouvez servir ce riz au lait tiède ou froid, et le décorer avec des feuilles de menthe pour une touche de fraîcheur.



# L'eau

## enjeu : Terre aride

Les milieux arides couvrent actuellement **41 % de la surface de la planète** et continuent de s'étendre chaque année. En conséquence, un terrien sur trois vit désormais dans ces conditions stériles. Selon **les scénarios** de changement climatique, l'aridité devrait augmenter de manière significative d'ici 2100, touchant potentiellement 20 % des terres non arides.

À l'échelle de la planète, l'eau douce devient de plus en plus précieuse, avec des pénuries déjà constatées dans des pays européens comme l'Espagne, en partie dues à l'agriculture intensive. Les industries jouent un rôle considérable dans l'utilisation de l'eau douce : par exemple, la production d'un jean nécessite entre **7 000 et 11 000 litres d'eau**, tandis qu'un kilo de riz en requiert **5 000**.

Bien que les ressources en eau subissent des pressions de plus en plus fortes, une bonne part des eaux usées domestiques est rejetée dans la nature sans collecte ou traitement préalable. Le traitement des eaux usées est inégalement réparti, avec seulement 8 % de traitement dans les pays à faible revenu. Tandis qu'au Nigeria, une ville comme Lagos rejette chaque jour 1,5 millions de mètres cubes d'eaux usées non traitées. Chargées de bactéries, de nitrates, de phosphore ou de solvants, ces eaux usées se déversent dans les lacs et rivières pour finir dans les océans, ce qui a des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé humaine causant des problèmes sanitaires. Dans les pays à revenu élevé, 70 % des eaux usées sont traitées, mais **les boues issues de ce traitement** sont, au mieux valorisées comme amendement agricole, mais souvent incinérées via un procédé énergivore qui génère de grosses quantités de soufre et de poussières.

La gestion de l'eau est cruciale. Près de **2 milliards** de personnes dans le monde se retrouvent privées d'eau potable et 3,6 milliards de personnes, soit près de la moitié de la population mondiale, utilisent des services d'assainissement qui laissent les déchets humains non traités. En France, **la consommation moyenne journalière avoisine les 150 L d'eau par personne**. Face à ces disparités, quels sont les véritables besoins pour vivre dignement ? **L'Organisation Mondial de la Santé (OMS)** estime à **20 L par jour** le minimum vital pour répondre aux

besoins fondamentaux d'hydratation et d'hygiène personnelle et à 50 L pour vivre décemment. Dans ce contexte, l'enjeu des 25 prochaines années consiste à préserver la quantité et la qualité de l'eau douce disponible pour l'ensemble de la population mondiale.

Face aux températures croissantes et aux défis liés à l'eau, il est essentiel d'anticiper l'habitat du futur. C'est pourquoi nous avons choisi d'installer la Biosphère dans un désert, où les problématiques de l'évolution climatique sont particulièrement présentes. Comment assurer notre apport en eau quotidien ? La Biosphère sera située proche de la mer où des dessaliniseurs solaires produiront l'eau douce nécessaire au bon fonctionnement de l'écosystème low-tech. Afin d'économiser au maximum ce précieux liquide, il tournera en circuit fermé pour alimenter la bioponie, la champignonnière et la douche.

## 1. CALCULS DES BESOINS

Avant de dimensionner les dessaliniseurs et le circuit d'eau fermé, nous devons d'abord estimer nos besoins quotidiens en eau. Pour les évaluer, nous nous basons sur les résultats de l'expérimentation de Biosphère en Thaïlande.

Type	Bioponie	Spiruline	Deux humains	Champignons, grillons et mouches BSF	Total
Besoin journalier	24 L	8 L	4 à 6 L	2 à 4 L	40 L

Nos besoins en eau

Dans une démarche visant à économiser les ressources, nous avons prioriser l'utilisation de systèmes efficaces qui nécessitent peu d'eau. Par exemple, la bioponie a besoin de 10 fois moins d'eau que la culture en terre, et l'utilisation des toilettes sèches permettent de réduire de 20 % la consommation en eau de son foyer.

## 2. LA PRODUCTION D'EAU DOUCE

### Le dessalinisateur solaire

Au sud de la péninsule de Basse-Californie, les précipitations sont estimées à 170 mm par an. Durant l'expérimentation, prévue entre janvier et avril, la pluviométrie est évaluée entre 0 et 15 millimètres, ce qui représente environ un jour de pluie par mois. Il n'est donc pas envisageable de compter sur la récolte d'eau de pluie pour satisfaire les besoins en eau. Le moyen qui nous a paru le plus efficace, pratique et sobre énergétiquement est la dessalinisation d'eau de mer en utilisant l'énergie qui sera la plus abondante : le soleil. Depuis les premières escales de l'expédition Nomade des Mers, nous nous intéressons de près à cette technologie. Plus récemment, un nouveau prototype a été testé par Corentin lors de l'expérimentation de Biosphère en Thaïlande. Il n'a pas donné de résultats satisfaisants principalement à cause de fuites qui amenaient du sel dans l'eau douce. Pour améliorer le concept, nous avons travaillé avec Emma Bousquet-Pasturel, alors stagiaire en fin d'étude d'école d'ingénieur au Low-tech Lab, pour concevoir le nouveau prototype. Comme point de départ, nous nous appuyons sur les résultats de la thèse rédigée par Augustin Pinet en collaboration avec le Low-tech Lab.



*Ingénieur, designer et prototypiste de formation, Augustin Pinet réalise en 2019 une thèse sur la conception d'un dessalinisateur solaire dans une approche low-tech. Inspiré par les travaux open-source de Cyril Grandpierre, il expérimente différents prototypes jusqu'à parvenir à une version finale fonctionnelle. Son expertise nous sera précieuse pour comprendre les différents facteurs impliqués dans le dimensionnement du dessalinisateur.*

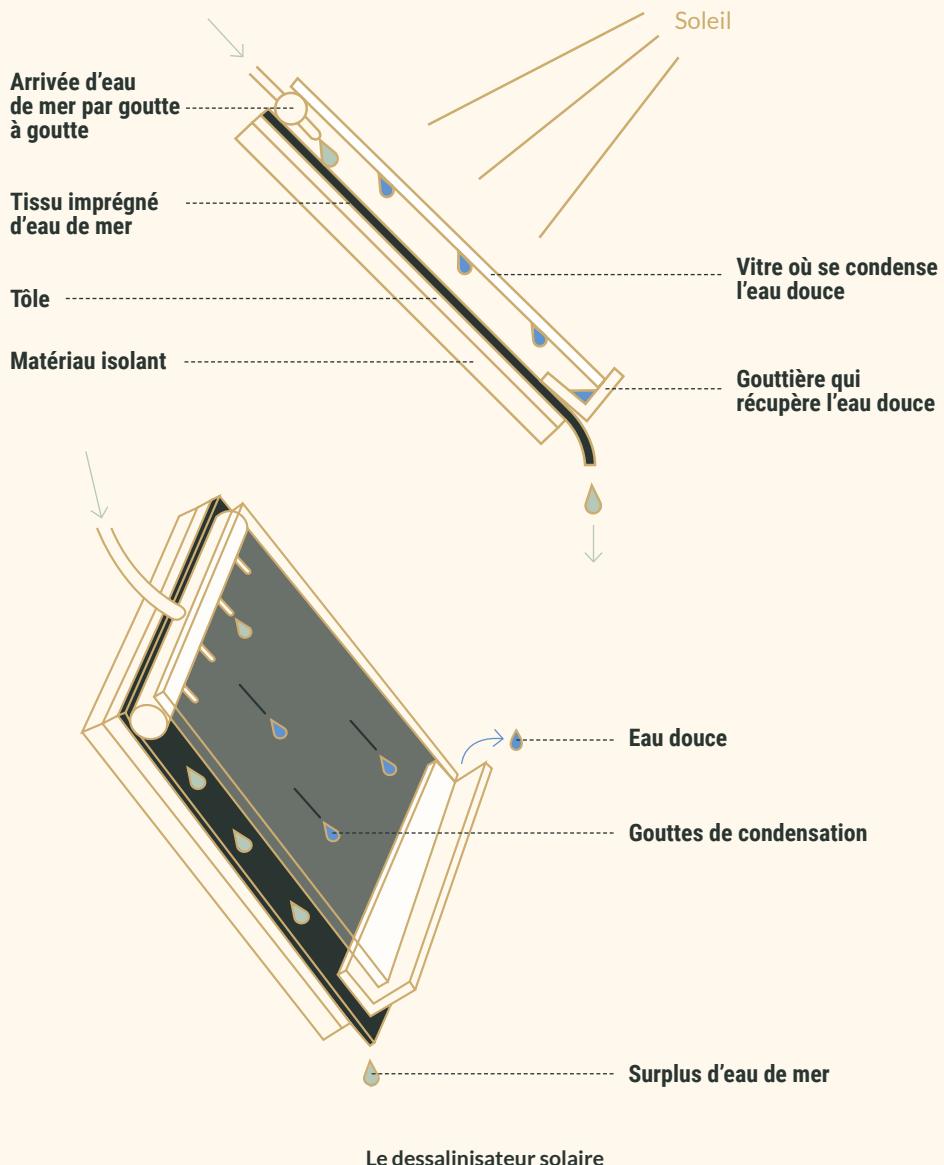
#### Information:

Il n'est plus rare aujourd'hui de trouver des sujets de thèses alliant démarche et pratiques low-tech dans divers domaines comme le numérique, le bâtiment et la mécanique. Nous vous invitons à explorer → le forum LowTRE qui s'intéresse particulièrement à ces questions.

Le dessalement est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce à partir d'une eau saumâtre ou salée.

### Intérêt:

La dessalinisation est un moyen efficace pour remédier au stress hydrique dans les régions arides. À petite échelle, la fabrication d'un tel dispositif est accessible et permet de subvenir, à nos besoins en eau sans recourir à l'électricité.



### Fonctionnement

Notre prototype se compose d'un cadre muni d'une plaque de fond sur laquelle repose un tissu imprégné d'eau salée. Une vitre se trouve au-dessus du cadre pour le fermer. L'approvisionnement en eau salée est assuré par un système de goutte à goutte placé en haut du cadre, tandis que le surplus est évacué par le bas. À l'intérieur de cette serre, l'eau chauffe sous l'effet du soleil, provoquant son évaporation, puis sa condensation sur la vitre. L'eau douce résultante s'écoule ensuite vers une gouttière d'évacuation pour enfin être récupérée dans un réceptacle.

**Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de fabrication, rendez-vous sur : → le wiki du Low-tech Lab**

### Dimensionnement

Pour éviter de prendre l'avion, nous prévoyons d'arriver au Mexique à bord d'un voilier en emportant le minimum de matériel. Par conséquent, nous devrons répliquer les low-tech à partir des matériaux et outils disponibles sur place. Notre objectif est de concevoir des systèmes simples, facilement reproductibles, sur base de plans clairs et précis pour faciliter la fabrication. À partir de matériaux principalement biosourcés, nous avons réalisé sur Concarneau un prototype de dessalinisateur produisant environ 3 à 4 L/m<sup>2</sup> d'eau douce par jour. Pour satisfaire nos besoins journaliers de 40 L d'eau douce, nous devrons construire des dessalinisateurs d'une surface totale de 14 m<sup>2</sup>.

### 3. LE CIRCUIT D'EAU FERMÉ

L'eau douce produite par les dessalinisateurs est acheminée vers la bioponie et la culture de champignons grâce à un système d'irrigation installé dans la Biosphère.

#### Intérêt:

Le cycle de l'eau fait officiellement partie des 9 limites planétaires franchies. Le circuit d'eau fermé que nous avons imaginé permet d'économiser une grande quantité d'eau et requiert très peu d'électricité et de maintenance pour le faire fonctionner.

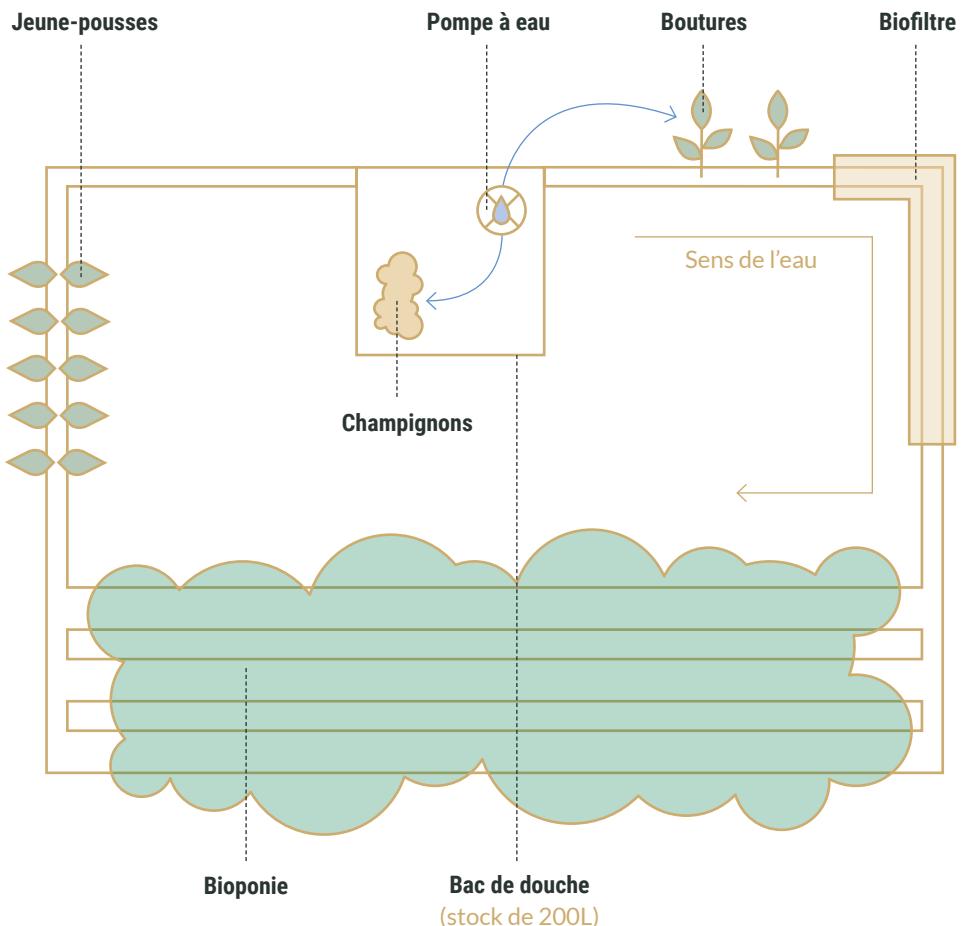


Schéma du circuit de l'eau

### Fonctionnement

Au petit matin, nous collectons l'eau dessalée de la veille. Une partie est stockée dans la réserve d'eau potable (voir le point suivant Ecofiltro), une autre est dédiée à la culture de spiruline, et le reste est utilisé pour nos douches. Cette eau s'écoule dans le bac de douche d'une capacité de 200 L. Toutes les heures pendant quelques minutes, une pompe distribue l'eau pour alimenter le brumisateur de la douche-champignonnière (qui maintient une atmosphère humide essentielle au bon développement des champignons) ainsi que le circuit d'eau fermé, une succession de gouttières que nous appelons « rivières ». Par gravité, l'eau tombe d'une rivière à l'autre, irriguant le système de bioponie avant de retourner dans le bac de stockage. Le circuit des rivières commence par un biofiltre dans lequel de l'urine est ajoutée goutte à goutte. Les bactéries présentes dans ce biofiltre transforment l'urine en engrais. Ensuite, cette solution de culture irrigue 10m<sup>2</sup> de plantes qui se nourrissent de cet engrais. L'eau purifiée par les racines des plantes s'écoule dans une troisième portion de rivières dans laquelle nous faisons les semis. Enfin, l'eau se déverse dans le bac de douche. C'est dans cette réserve d'eau que nous prélevons l'eau pour arroser les arbustes ou pour désaltérer les mouches et les grillons.

## Le savon de Biosphère

Le circuit d'eau fermé présente l'avantage d'économiser l'eau tout en assurant une distribution efficace vers les plantes et les champignons. Comme les eaux grises, générées par la vaisselle et l'hygiène quotidienne, seront intégrées au circuit d'eau fermé, nous devons éviter l'usage de détergents, généralement composés d'agents tensioactifs pétrochimiques susceptibles de polluer l'eau. Pour ne pas contaminer notre réseau d'eau, nous utiliserons des produits naturels et biodégradables.

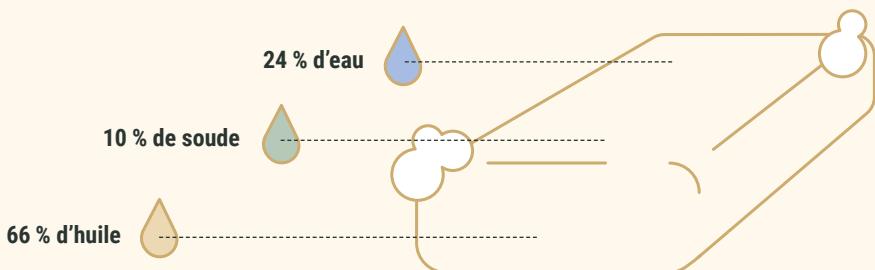
### Intérêt:

Lessive, shampoing, liquides vaisselle et bien d'autres produits de notre quotidien contiennent majoritairement des molécules chimiques néfastes au bon développement des plantes. Garantir le bon fonctionnement de la Biosphère implique notamment de choisir les produits avec soin.



*C'est pourquoi nous avons rencontré Caroline Boisante pour en apprendre davantage sur la savonnerie artisanale. Dans les laboratoires de son entreprise Bulles de Breizh, Caroline nous a guidés à travers le processus de fabrication des savons que nous utiliserons dans la Biosphère.*

À base d'huiles végétales et de soude, la fabrication de savon ne nécessite aucune cuisson : c'est la réaction chimique provoquée par le mélange de ces deux éléments qui provoque son durcissement. Notre passage à Bulles de Breizh nous a permis de fabriquer un stock de savons à base d'huile de coco, d'huile d'olive et de karité. Par ailleurs, notre experte nous a fourni de précieux conseils pour la fabrication de dentifrice et de lessive de cendre.



Le savon Biosphère

## **Intérêt :**

Quelques conseils et astuces pour fabriquer soi-même de la lessive et du dentifrice 100 % naturel.

### **Lessive**

- Mélangez un verre de cendre pour 1l d'eau.
- Laissez macérer 48h.
- Filtrer. L'eau de décantation peut être utilisée comme lessive.

**Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de fabrication, rendez-vous sur : → le wiki du Low-tech Lab**

### **Dentifrice**

Mélangez du carbonate de calcium et une pincée de bicarbonate de soude. Il est possible de rajouter de l'amidon de maïs pour avoir une texture plus agréable.

**Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de fabrication, rendez-vous sur : → le wiki du Low-tech Lab**

Nous devons maintenant nous assurer que l'ajout de ces produits dans le circuit d'eau ne perturbe pas la croissance des plantes de la bioponie. Pour ce faire, nous réalisons des tests de croissance de plantes sur 3 échantillons à base de savon, dentifrice et shampoing solide. Pour pouvoir les comparer, nous avons un échantillon témoin sans ajout d'eau grise. Au bout d'une dizaine de jours, la croissance des plantes ne semble pas perturbée. Au contraire, l'ajout de ces produits semble améliorer le développement des plantes ! De plus, le pH et l'électroconductivité (taux de minéraux) de chaque échantillon restent sensiblement comparables aux mesures réalisées sur l'échantillon témoin. En conclusion, nous pouvons ajouter les eaux grises au circuit d'eau fermé sans risquer de déséquilibrier l'écosystème de la Biosphère.

## **PLA: plastique biosourcé et biodégradable**

Comme expliqué précédemment, les rivières du système d'irrigation permettent d'acheminer l'eau dans la Biosphère. Ces dernières doivent rester étanches tout au long de l'expérience, sans polluer l'eau. Dans une démarche low-tech, nous cherchons un substitut au plastique pétrochimique en nous tournant vers les matériaux biosourcés à faible impact carbone.



*Ingénieur en recherche et développement de matériaux biosourcés et biocomposites chez Kaïros, Moussa Khalfallah nous a présenté le polyester PLA (plastique biosourcé et biodégradable) comme solution alternative au plastique.*

Le PLA, un matériau issu de la fermentation de l'amidon de maïs ou de betterave, est biodégradable, recyclable, résistant et polyvalent. Cette dernière caractéristique nous intéresse particulièrement puisque nous désirons modifier la forme du PLA afin de créer des rivières en forme de gouttières. Pour nous convaincre, Moussa nous a présenté différentes techniques de thermoformage que nous pourrons facilement mettre en œuvre au Mexique.

### **Point de vigilance:**

Les plastiques biosourcés comme le PLA offrent une alternative attractive aux plastiques pétrochimiques, mais seulement dans certains aspects. Ils sont en effet plus performants en ce qui concerne la consommation d'énergie non renouvelable et les émissions de gaz à effet de serre. Cependant, ces avantages sont amoindris par le mode de production des matières premières nécessaires pour leur fabrication. De fait, il n'est pas évident qu'un objet fabriqué à partir de PLA ait un cycle de vie plus vertueux qu'un objet plastique durablement employé.

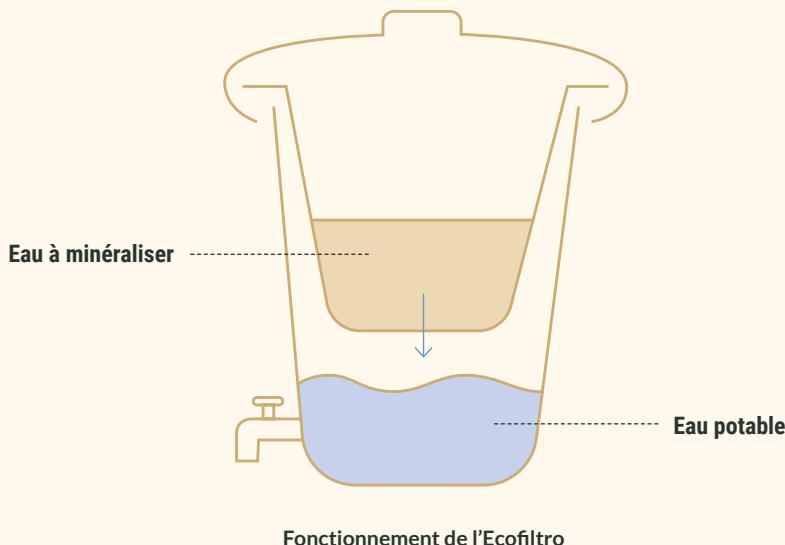
Toutefois, l'épuisement des ressources fossiles rend probable l'utilisation de plastiques biosourcés comme matériau d'avenir. En ce sens, il semble important d'axer la recherche sur le développement de ces types de plastique en se focalisant sur l'amélioration de leurs performances environnementales.

## 6. LA MINÉRALISATION DE L'EAU

### Le filtre à eau céramique

En plus d'alimenter le circuit d'eau de la Biosphère, l'eau douce produite par les dessalinisateurs permet de subvenir à nos besoins quotidiens en eau potable. Si cette technique permet d'enlever le sel contenu dans l'eau, cette dernière n'est pas considérée comme potable car elle est trop pauvre en minéraux. Il est donc indispensable de la reminéraliser.

Pour ce faire, nous utilisons l'Ecofiltro, un filtre low-tech conçu pour enrichir notre eau en minéraux. Inventé pour rendre potable des eaux contaminées, ce filtre est utilisé dans de nombreuses régions du monde. Il est fabriqué à partir d'argile et de sciure de bois carbonisé, recouvert d'une fine couche d'argent colloidal qui possède des propriétés antibactériennes naturelles.



Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de fabrication d'un filtre à eau en céramique, rendez-vous sur :  
→ le wiki du Low-tech Lab

Afin de s'assurer que l'eau désalinisée, puis filtrée par l'Ecofiltro, contienne suffisamment de minéraux, nous effectuons une analyse à l'aide d'un test d'électro-conductivité.

L'eau douce, pauvre en minéraux, a une conductivité faible tandis que l'eau dure, riche en minéraux présente une conductivité élevée.

Échantillons d'eau	Classement qualité gustative	Électroconductivité (mS/cm)	Classement final
Témoin : eau de ville filtrée par l'écofiltro	2	0,40	2
Eau désalinisée + charbon actif (substitut à l'écofiltro)	3	0,20	3
Eau désalinisée + 5 % eau de mer	4	2,36	4
Eau désalinisée passée à l'écofiltro	1	0,44	1

Alors que l'eau potable a généralement une conductivité comprise entre 0,2 et 0,8 mS/cm, nous mesurons 0,44 mS/cm pour notre eau filtrée ! De plus, [une étude menée par l'OMS](#) indique qu'une eau est considérée comme de bonne qualité si la conductivité est inférieure à 0,6 mS/cm. En plus d'avoir bon goût, cette eau est bénéfique pour la santé !



# L'énergie

## enjeu : Maximiser l'énergie

L'énergie est omniprésente dans la grande majorité de nos activités humaines. Chaque terrien est assisté d'une série d'objets mécaniques dans divers domaines tels que le transport, le chauffage ou l'agriculture, dont la productivité a été multipliée par 200 depuis le début du 19ème siècle.

Au cours des dix dernières années, une portion sans précédent de la population a obtenu l'accès à l'électricité. Malgré cela, en 2019, environ 20 % de la population mondiale demeurait toujours privée d'électricité selon l'[OMS](#). Pour quantifier notre consommation d'énergie moderne, Jean-Marc Jancovici a utilisé l'idée de l'équivalent « esclave énergétique », estimant qu'un Européen nécessite l'équivalent de 600 esclaves énergétiques actifs 24 heures sur 24 pour maintenir son niveau de confort. Par ailleurs, environ 80 % de l'énergie produite dans le monde est d'origine fossile. Elle alimente à la fois le développement de notre espèce et la dégradation de l'environnement. Bien qu'elle soit accessible à bas prix et sans limite apparente de disponibilité, l'exploitation de ces gisements d'hydrocarbures augmente les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, modifie considérablement l'environnement, est à l'origine de tensions géopolitiques et de conflits majeurs à travers le globe. Cependant, il est estimé que [les réserves de ces énergies fossiles s'épuiseront d'ici 50 à 115 ans](#) si la consommation d'énergie fossile croît de 2 % par an.

Dans ce contexte, équilibrer les conditions de vie et consommations énergétiques des pays riches et des pays pauvres s'avère difficile. Si chaque être humain consommait autant d'énergie qu'un Européen ou Nord-Américain moyen, les niveaux de consommation et d'émissions de carbone dans le monde seraient 2 à 4 fois plus élevés qu'actuellement. La question se pose donc : comment lutter contre la précarité énergétique tout en évitant une opulence énergétique excessive ?

La meilleure énergie, c'est celle qu'on ne consomme pas. En 2090, nous imaginons une société où les consommations en énergie sont rares, mais répondent précisément aux besoins des habitants. En combinant la suffisance et l'efficacité énergétique, [une étude allemande](#) montre que la consommation

moyenne en électricité d'un ménage de 2 personnes pourrait être réduite de 75 % sans induire de changements drastiques dans le mode de vie. Cela signifie faire plus avec moins, repenser les usages, vivre en harmonie avec les saisons pour tirer le meilleur parti des ressources naturelles, et utiliser la high-tech uniquement quand elle est nécessaire ou en cas d'urgence. Quant à la vie quotidienne, elle reste low-tech : renouvelable et locale, l'énergie permet de cuire et conserver la nourriture, produire et distribuer l'eau douce, ainsi que l'éclairage. Dans Biosphère, nous rassemblons différentes techniques pour maximiser et optimiser l'énergie.

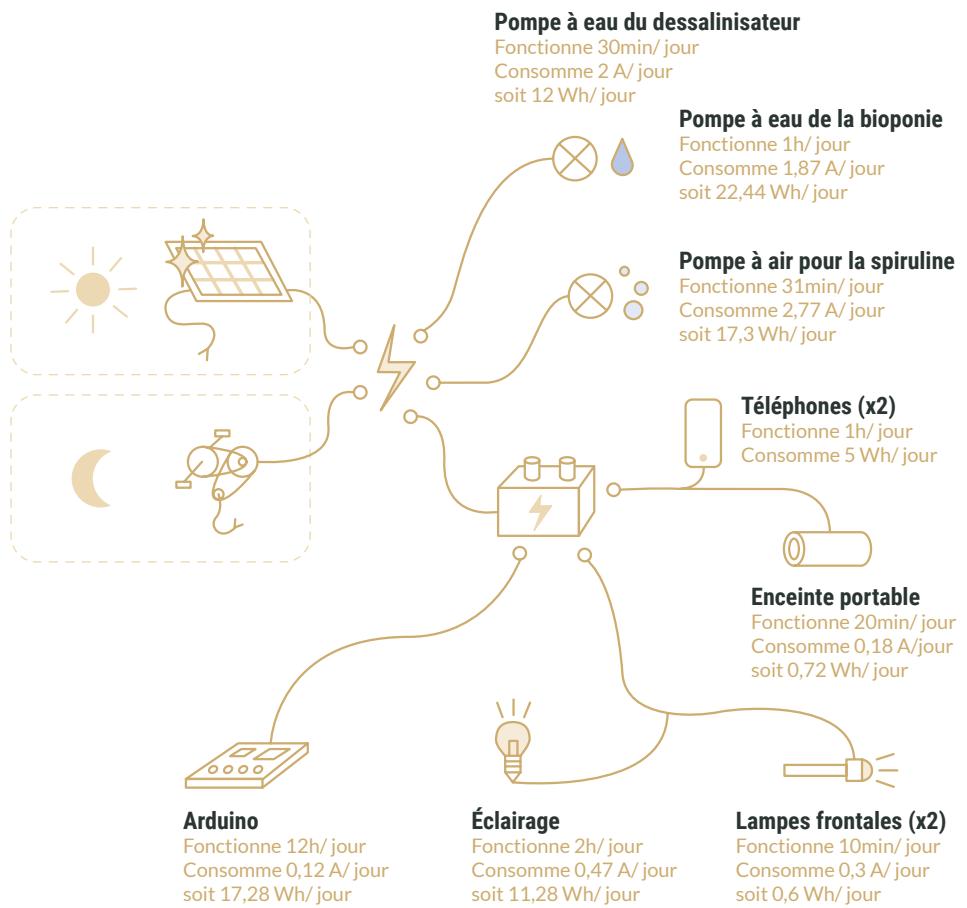
## 1. NOS BESOINS

La low-tech est une démarche qui nous pousse à repenser nos modes de vie en privilégiant la sobriété. Elle est avant tout une réponse à des besoins réels, sans être nécessairement d'ordre technologique. Par exemple, dans le contexte aride de l'expérimentation Biosphère, le chauffage ne sera pas nécessaire. De même, installés en bord de mer, aucun objet technologique ne sera développé pour répondre à nos besoins de refroidissement. Dans le but de réduire au maximum notre impact environnemental, nous avons réduit à la source notre consommation d'énergie sans compromettre la qualité de vie.

### Démarche :

Consommation d'énergie	négaWatt	Production
○ <b>Sobriété</b> <b>Prioriser les besoins énergétiques essentiels dans les usages individuels et collectifs de l'énergie.</b> Éteindre les vitrines des magasins et les bureaux innocupés la nuit, limiter l'étalement urbain, réduire les emballages, etc.		
○ <b>Efficacité</b> <b>Réduire la quantité d'énergie nécessaire à la satisfaction d'un même besoin.</b> Isoler les bâtiments, améliorer les rendements des appareils électriques et des véhicules, etc.		

Pour arriver à nos solutions techniques, nous avons adopté la démarche négaWatt composée de trois étapes : sobriété, efficacité puis énergies renouvelables.



Nos besoins énergétiques, au total 86,72 Wh/jour

### Point de vigilance:

À l'aide d'un ampèremètre, nous avons pu mesurer le courant consommé par chaque appareil électrique. Pour calculer l'énergie consommée par ces derniers, il nous faut convertir les ampères en Watts\*h. Il suffit de multiplier le nombre d'ampères par 12 Volts, puis de multiplier par le nombre d'heures utilisées. Ce qui nous donne notre consommation en Wh.

Dans notre situation actuelle, la question de l'efficacité énergétique, et plus spécifiquement des pertes liées à la conversion, est négligeable. Cela est en grande partie attribuable à notre

système fonctionnant à 12V. Cependant, il est important de noter que dans d'autres systèmes, cela pourrait être un facteur à prendre en compte. Exemple : pour obtenir une quantité d'énergie finale de 100 Wh, d'autres configurations nécessitent de produire un pourcentage supplémentaire d'énergie pour compenser ces pertes souvent associées aux batteries et aux convertisseurs. Les solutions technologiques seront principalement axées sur nos besoins énergétiques en journée, estimés à 100 Wh d'énergie électrique par jour. À titre indicatif, la consommation moyenne d'électricité d'un foyer français avoisine les 8000 Wh par jour ! Cette estimation englobe tous les différents appareils nécessaires au bon fonctionnement de la Biosphère, à l'exception des appareils de mesure qui nous permettent de contrôler la santé de l'écosystème, tels que le microscope ou le capteur de CO<sub>2</sub>. Ces derniers, alimentés par un panneau solaire, font partie du matériel scientifique utilisé pour étudier et documenter notre expérience.

Une partie de nos besoins en électricité provient de la pompe à eau afin de garantir le fonctionnement du circuit d'eau fermé et la brumisation de la douche-champignonnière. De plus, une pompe à air est installée dans le bac de spiruline, et une batterie alimente l'éclairage LED, la minuterie Arduino et les téléphones portables. Dans une recherche constante d'économie d'énergie, nous avons trouvé le moyen de convertir ces derniers en ordinateurs portables.

### Astuces :

Nous entendons chaque jour qu'il est urgent de réduire notre consommation d'énergie. Mais de quoi parle-t-on exactement, surtout lorsque nous avons du mal à comprendre notre propre consommation ?

- La puissance, mesurée en watt (W), représente la quantité d'énergie qu'un appareil peut transformer durant une période de temps. Il s'agit d'un débit, similaire à celui de l'eau ou de l'air. Par exemple, la puissance d'un aspirateur est de 800 W, tandis que celle du climatiseur est d'environ 3000 W.
- L'énergie, mesurée en joules (J), quantifie la capacité d'un système à effectuer un travail entraînant un mouvement ou de la chaleur. Pour donner un exemple, 1 joule correspond à l'énergie requise pour soulever une pomme de 100 g à 1 mètre de la surface de la Terre. Cependant, comme le joule correspond à une petite quantité d'énergie, on utilise

généralement d'autres unités d'énergie comme le kilojoule (kJ) ou le kilowattheure (kWh). Autre exemple : brûler 1 L d'essence dégage 36 000 000 J d'énergie thermique, soit 10 kWh. Avec ce litre d'essence, on peut alimenter une machine d'une puissance de 10 kW pendant 1h. En reprenant les exemples ci-dessus, utiliser l'aspirateur pendant 15 minutes consomme 0,2 kWh alors que 24h de climatiseur consomme 72 kWh.

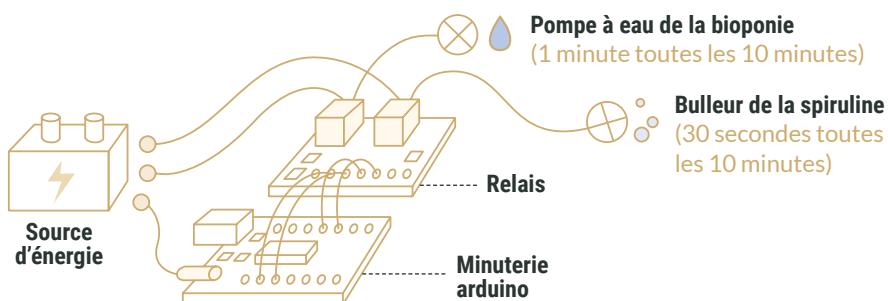
- Si nous devions pédaler pour produire notre énergie, combien de temps faudrait-il pour alimenter nos appareils ? Voilà une façon simple de convertir la consommation quotidienne d'électricité en énergie musculaire. En considérant que nos jambes fournissent en moyenne une puissance de 50 à 100 W, il faudrait environ 4 h de vélo pour faire fonctionner l'aspirateur cité plus haut, et 60 jours de vélo pour alimenter le climatiseur ! Pour en connaître davantage sur votre quotidien énergétique, laissez-vous guider par → le jeu de cartes ReVolt réalisé par Clément Chabot.

## 2. LES SOURCES D'ÉNERGIE

Comment satisfaire efficacement nos besoins énergétiques dans une démarche low-tech ? En journée, il semble pertinent d'utiliser l'énergie la plus abondante sur place, à savoir le soleil. De fait, nous utilisons un panneau solaire de 30 W qui alimente alternativement les pompes et la batterie grâce à une minuterie réalisée avec un microcontrôleur arduino.

### Gestion énergétique

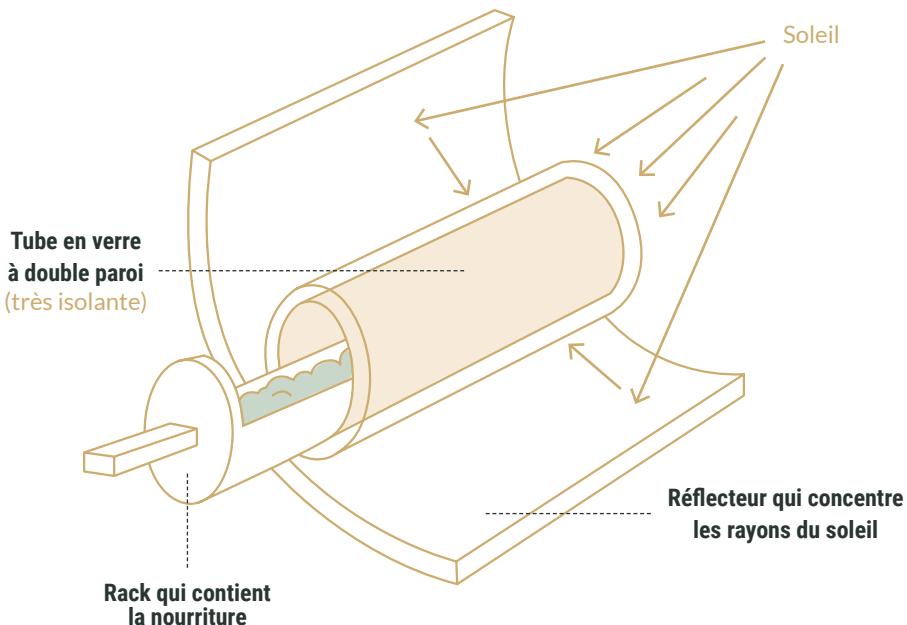
Basé sur un code open-source, le microcontrôleur arduino est facilement programmable et permet de piloter des systèmes électriques.



**Si vous souhaitez en connaître davantage sur la gestion énergétique via Arduino , rendez-vous sur → le wiki du Low-tech Lab**

### **Le cuiseur solaire**

Côté cuisine, nous n'utilisons pas de frigo ! Nous consommons principalement des aliments qui ne demandent pas de fraîcheur pour leur conservation. Ces aliments sont cuits au cuiseur solaire. Sous forme de boîte, de parabole ou de tube, il concentre les rayonnements lumineux du soleil pour générer de la chaleur et permettre la cuisson ou la conservation d'aliments. Comparé au four traditionnel, la cuisson solaire est plus douce et permet ainsi de mieux préserver les propriétés nutritives des aliments. Pour une même recette, il faut généralement compter 2 à 3 fois plus de temps de cuisson avec un four solaire.



**Le cuiseur solaire choisi est le tube solaire**

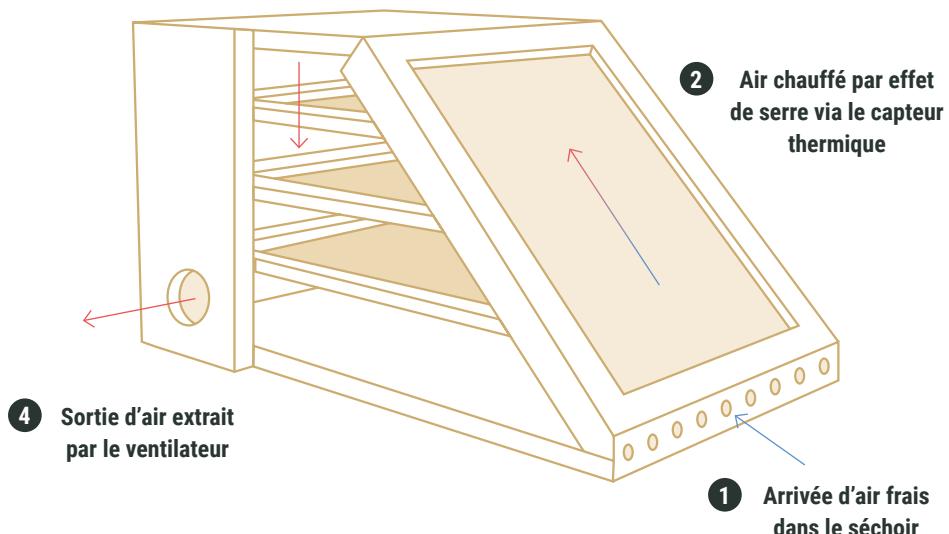
**Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de fabrication, rendez-vous sur → le wiki du Low-tech Lab**

## Le déshydrateur solaire

En cas de surplus de nourriture, le déshydrateur solaire permettra de conserver les aliments sur le long terme.

En éliminant l'eau qu'ils contiennent, le déshydrateur empêche le gaspillage en prolongeant la durée de vie d'aliments, notamment ceux qui sont très mûrs, tout en préservant leur goût, leur arôme et leur valeur nutritionnelle.

### 3 Arrivée de l'air chauffé dans la chambre de séchage



Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de fabrication, rendez-vous sur → le wiki du Low-tech Lab

## Le pédalier-générateur

La nuit ou par temps couvert, il faudra compter sur nos muscles pour actionner le pédalier générateur d'électricité. C'est ce qu'on appelle le fitness utile !

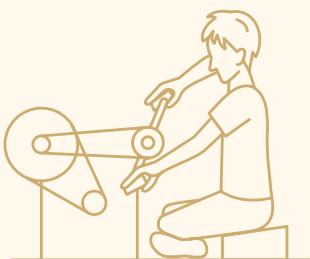


*Spécialistes en conception et fabrication artisanale d'objets de cyclo logistique, Adrien et Michel nous ont aidé à concevoir et fabriquer le pédalier de nos rêves. L'atelier de leur association Veloma est rempli de machines extraordinaires telles que des vélos mixeurs, machines à pédale, vélo-cargo triporteurs ou encore remorques solaires. Ce sont les experts idéaux pour confectionner de notre pédalier!*

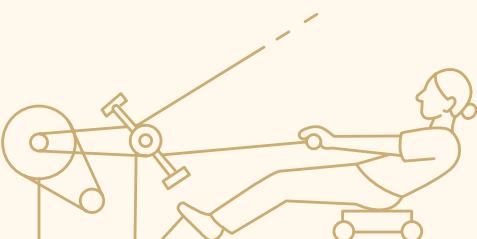
### Intérêt :

Le pédalier servira de centrale électrique humaine !

Le vélo convertit le pédalage en courant électrique, qui est ensuite directement acheminé vers nos équipements ou bien stocké dans une batterie. En plus d'être utile, ce dispositif nous permet de maintenir une activité physique régulière.



Maindelier



Rameur



Pédalier

**Les 3 fonctions du pédalier : le pédalier n'est pas simplement une source d'énergie mais aussi un moyen d'avoir une activité physique régulière. Dans le but de varier les sollicitations musculaires, nous avons prévu 3 modes d'utilisation : maindelier, vélo et rameur.**

### Fonctionnement

Le principe est simple : les pédales entraînent le pignon principal à une vitesse de 60 tours par minute. Ce dernier est relié à un second pignon plus petit permettant de multiplier par 4 la vitesse de rotation. Sur le même axe est encastré une roue d'inertie atteignant une vitesse de 1000 tours par minute, qui est elle-même reliée à un alternateur allant à 4000 tours par minute.

**Si vous souhaitez en connaître davantage sur les étapes de fabrication, rendez-vous sur → le wiki du Low-tech Lab**

### 3. L'ÉNERGIE HUMAINE

Évaluer nos besoins nous a permis de dimensionner, concevoir et fabriquer tous les modules low-tech nécessaires à la capsule Biosphère. Dans le but de montrer qu'il est possible de vivre dignement, sainement et de manière pérenne dans cet habitat, nous allons suivre notre état de santé via un protocole scientifique ainsi que notre état psychique grâce à des tests établis par nos experts.

#### **Intérêt:**

Les temps de travail, de repos et de loisir doivent être compatibles avec le fonctionnement de la Biosphère. Produire nos ressources pour atteindre l'autonomie sera source de satisfaction et d'émerveillement, en assurant un état de santé physiologique, psychologique et social stable.



*Nous sommes suivis par Benoit Mauvieux, un enseignant-chercheur à l'UFR Staps de l'Université de Caen, qui évaluera notre état de santé avant et après l'expérimentation à l'aide d'un protocole scientifique bien défini.*

Ce protocole consiste en une série de tests évaluant notre respiration, notre rythme cardiaque ou encore notre âge métabolique en poussant notre corps au maximum de ses capacités. Les tests que nous effectuerons à notre retour permettront d'identifier les changements corporels relatifs à notre mode de vie dans la Biosphère. Par ailleurs, durant toute l'expérimentation, nous devrons porter un actimètre et, tous les 5 jours, un gilet physiologique qui collectent notre fréquence cardiaque et l'intensité de l'exercice afin d'évaluer nos dépenses énergétiques.

Vivre 4 mois dans un habitat isolé et en synergie avec le vivant aura nécessairement un impact sur notre état psychologique. Pour la première fois, nous tentons de quantifier si un mode de vie low-tech procure du bien-être, d'où notre volonté d'être suivi par un spécialiste.



*À la fois psychologue et chercheur à l'académie des sciences de Chine, Quentin Montardy nous a fourni différents types de questionnaires à remplir quotidiennement pour suivre notre état de bien-être durant notre expérimentation.*



# Les matériaux

## enjeu : Les matériaux du futur

De tout temps, les matériaux ont accompagné l'humain dans son quotidien, que ce soit pour la fabrication d'objets, la construction d'habitats ou la création de machines. Passant du naturel au synthétique, il existe aujourd'hui une très grande diversité de matériaux qui, une fois combinés, rendent leur recyclage difficile. De nos jours, nous sommes entourés de matériaux synthétiques, comme le plastique, qui peuvent nuire à la santé humaine et avoir un impact négatif sur l'environnement. Présents dans divers secteurs tels que l'industrie du textile, du cosmétique ou encore du secteur du bâtiment, ces derniers se retrouvent au contact de notre peau, dans l'air ou dans notre alimentation.

Les matériaux issus de la pétrochimie sont largement utilisés pour leur praticité et facilité de production à moindre coût. Parmi ces matériaux, le plastique est le dérivé du pétrole le plus connu pour ses caractéristiques techniques très convoitées. Modulable, souple et résistant, il existe une quantité immense de types de plastique, dont 99 % est d'origine fossile. Il est le matériau le plus produit au monde, après le ciment et l'acier, bien que ses conséquences sur l'environnement soient désastreuses. Il est estimé que 8 à 15 millions de tonnes de plastiques issus des continents arrivent à la mer, et **on évalue à 5 250 milliards le nombre de particules flottant à la surface des océans!** Si l'impact de cette pollution est difficile à quantifier, les micro-plastiques continuent à être relâchés par millions de tonnes dans les océans. Dans le secteur du bâtiment, **la production de ciment pour le béton génère 7 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>**, soit 3 fois plus que le secteur du transport aérien. Si le béton utilisé sur la planète était un pays, il serait le troisième plus grand émetteur de gaz à effet de serre au monde, juste derrière la Chine et les États-Unis. En effet, le ciment reste le matériau le plus consommé au monde, et cette tendance ne semble pas s'arrêter. En 2090, nous rêvons d'une ville où les matériaux sont sains pour le corps et respectueux de la planète. Dans cette optique, nous privilégions au maximum l'utilisation de matériaux biosourcés, favorisant ainsi une diminution de l'empreinte environnementale grâce à leur caractère renouvelable et leur capacité à stocker le carbone atmosphérique.

## 1. NOUS ABRITER

Suite aux nombreuses invasions d'insectes dans la Biosphère en Thaïlande, il est important d'analyser attentivement le contexte d'expérimentation afin de concevoir au mieux l'enveloppe protectrice de l'écosystème. Ainsi, nous imaginons la Biosphère comme un écosystème clos, partiellement ouvert sur l'extérieur. Elle sera installée sur terre, et nous recherchons une enveloppe légère, facilement transportable et qui n'abîme pas le sol. Suspendu à une structure en bois, cette enveloppe épousera le sol, qu'il soit en pente, rocailleux ou sableux. Compte tenu de notre manque de connaissance sur l'état du sol, les mobiliers de l'habitat seront suspendus à la structure en bois, ce qui les protégera aussi des insectes.

### Astuce:

Dans une démarche low-tech, nous souhaitons utiliser un maximum d'outils gratuits et open source. C'est pourquoi nous avons choisi le logiciel d'animation Blender qui nous a permis de créer et modéliser la Biosphère en 3D. Si vous souhaitez en connaître davantage, suivez → ce lien.

En nous inspirant des habitats nomades, nous nous sommes naturellement tournés vers une enveloppe en toile.



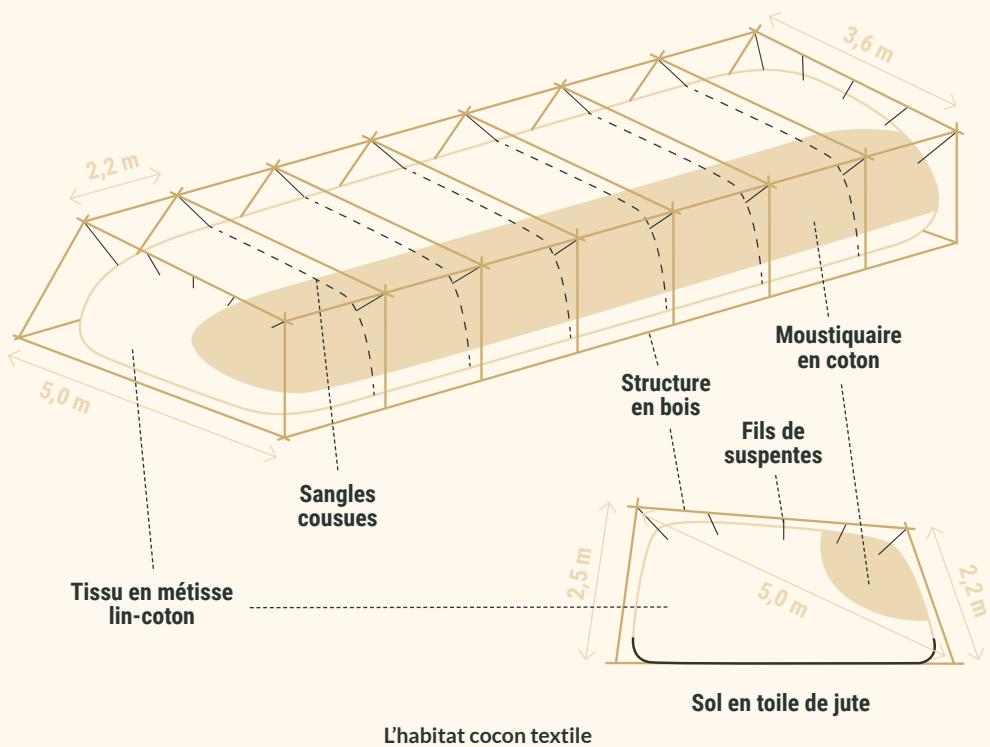
*Pour nous aider dans la conception et la fabrication, nous sommes allés à la rencontre des spécialistes de la tente, à savoir le centre de conception de Décathlon à Passy. Pour nous accompagner dans cette aventure, Yoann Styczen, prototypiste spécialisé en tentes et sacs de couchage, nous a conseillés et épaulés depuis le choix des matériaux jusqu'à la confection de la tente.*

Le choix des matériaux pour la tente a été directement influencé par les divers besoins des low-tech installées dans l'habitat. Si une majorité de l'habitat servira à nous protéger de la chaleur et du soleil, une partie ensoleillée sera nécessaire pour le bon fonctionnement des systèmes de spiruline et de bioponie. Dans le panel de matériaux biosourcés existant, nous avons sélectionné de la toile de jute pour le sol, un textile en coton pour la partie culture, et un mélange de coton et lin pour la zone ombragée. Par ailleurs, chez Décathlon, Yoann nous a permis de réaliser des tests de résistance de différents types de couture et ainsi valider l'utilisation du fil en coton plutôt que le polyester. Notre habitat est donc à 100 % issus de matériaux naturels !

## Point de vigilance:

Le coton est une alternative végétale intéressante mais sa production nécessite une quantité importante d'eau et l'utilisation de pesticides. Si sa culture, telle qu'elle est aujourd'hui, présente de nombreux inconvénients environnementaux, ses propriétés uniques, difficiles à retrouver chez d'autres matériaux biosourcés, la rendent indispensable dans notre contexte. Notamment, par rapport au polyester, le coton est très résistant aux UV et possède des capacités de respirabilité et d'absorption d'humidité importantes pour notre habitat. Ainsi, pour éviter la fabrication d'une enveloppe 100 % coton, nous avons opté pour un textile métisse coton-lin qui représente un bon équilibre entre durabilité, performance et disponibilité. En plus de nécessiter moins d'eau et d'engrais, le lin est majoritairement produit en France !

Une autre alternative est le coton cultivé de manière biologique dont le coût est aujourd'hui très élevé et peu accessible à une majorité d'entre nous.



## 2. SE VÊTIR

Une grande partie de nos vêtements est fabriquée à partir de ressources non renouvelables, principalement le pétrole, qui permet de produire 70 % des fibres synthétiques. D'après le rapport de la fondation Ellen MacArthur publié en 2017, la production de vêtements synthétiques utilise l'équivalent d'une piscine olympique de pétrole toutes les 25 min. De plus, le lavage de ces vêtements relâche des microfibres plastiques, soit l'équivalent de plus de 24 milliards de bouteilles en plastiques chaque année dans le monde. Par ailleurs, une grande partie de la production a été délocalisée vers des pays où les coûts de main-d'œuvre sont très bas, avec des conditions de travail et de sécurité inhumaines et une cadence de production accélérée. La mode rapide et jetable que nous connaissons favorise le phénomène de surconsommation. En fin de vie, l'équivalent d'une benne de vêtements est jetée chaque seconde dans le monde. Du point de vue environnemental, l'industrie textile se classe au troisième rang des secteurs les plus gourmands en eau et est responsable de jusqu'à 10 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Ce désastre environnemental aurait pu être évité si l'on considère que nous avons déjà produit suffisamment de vêtements sur la planète pour habiller les 8 milliards d'habitants actuels pendant quatre générations, comme l'a souligné Catherine Dauriac, journaliste et activiste pour le climat. Nous rêvons d'un futur plus durable et juste où l'on valorise le circuit court, modère notre consommation et respecte les travailleurs et l'environnement.



*En ce sens, nous avons constitué notre propre garde-robe avec l'aide précieuse de la créatrice de mode Claire Dartigues. Engagée pour l'anti-gaspillage et la production responsable dans le monde de l'art, Claire a élaboré le design de nos vêtements de manière à les rendre à la fois agréables, utiles, durables, modulables, adaptés à notre future météo, facilement réparables et esthétiques. De quoi redonner une réelle valeur à nos vêtements !*

Notre garde robe low-tech se compose de trois ensembles comprenant des hauts et des bas amples, tous fabriqués à partir de tissu de lin. Nous porterons également une ceinture porte-outils et un chapeau conçu pour protéger la nuque et le visage du soleil, réalisé en textile métisse lin et coton. Dans une démarche d'upcycling, la fabrication se fera à partir des chutes de tissu de la Biosphère.

**Chapeau  
en métisse lin-coton**



**Haut en lin**



**Short en lin**



**Chapeau  
en métisse lin-coton**



**Haut en lin**



**Pantalon en lin**



### Les habits du futur

#### Intérêt :

Absorbante, hypoallergénique et antibactérienne, la fibre de lin est l'une des plus légères et est réputée pour sa durabilité dans le temps. D'un point de vue environnemental, sa culture nécessite moins d'eau que celle du coton et présente l'avantage d'être produite localement en France.

Pour les soirées fraîches et notamment la nuit, des sous-couches en laine seront d'excellents thermorégulateurs pour la chaleur ou le froid. Au-delà du confort apporté, leur tri et leur recyclage sont aisés lorsqu'elles sont utilisées en mono matière. Étant une matière biodégradable, la laine est également l'une des premières à favoriser la conversion des élevages vers un système régénératif. Considérée comme une ressource plutôt qu'un déchet, son enfouissement enrichit la terre grâce aux nutriments contenus dans les fibres.

**Intérêt:**

Nous nous sommes entretenus avec Henry Soulier, dirigeant de la société Ginkio, spécialisée dans le développement et la fabrication textile. Selon lui, la laine devrait être valorisée plus massivement en tant que matière vertueuse et durable dans le temps, d'où notre choix de privilégier cette matière.

## *Conclusion*

Ces mois de préparation ont été aussi intenses que constructifs. Nous garderons un excellent souvenir des rencontres avec tous ces experts, tous passionnés par leurs domaines respectifs. Ils ont généreusement partagé leurs savoir-faire ainsi que leurs convictions avec enthousiasme. Grâce à eux, nous avons pu concevoir l'expérience de la Biosphère et avancer dans la construction de notre vision du futur version low-tech. En plus de nous aider à progresser sur le plan technique, ces experts nous ont également ouvert les yeux sur des réalités de notre société. Chacun d'entre eux se bat pour construire un monde meilleur dans son domaine d'expertise, ce qui leur confère un regard avisé sur les incohérences de notre société. Travailler avec Nathan le chef cuisinier, et Anthony le nutritionniste, nous a éclairés sur toutes les conséquences néfastes de notre alimentation moderne. De même, Claire la fashion designer nous a sensibilisés à l'industrie de la mode, tandis que les spécialistes de la tente nous ont sensibilisés à l'industrialisation des objets de notre quotidien. Toutes ces réalités nous ont confortés dans notre démarche low-tech et renforcé notre conviction que nous devons réinventer notre manière d'habiter la planète. Nous sommes convaincus que nous pouvons faire beaucoup mieux : adopter des modes de vie plus sains, plus épanouissants, plus respectueux des Humains et de la Planète ! La prochaine étape consiste à tester notre Biosphère dans le désert. Nous embarquons avec notre matériel à bord de ZaiZai, le catamaran de la famille Gahinet, pour une traversée de l'Atlantique jusqu'aux côtes mexicaines. Ensuite, nous nous installerons dans le désert de Basse-Californie sur la côte de la mer de Cortès. Après quelques semaines d'acclimatation et de préparation, l'expérience débutera. Nous aurons 120 jours pour découvrir si l'écosystème que nous avons imaginé fonctionne, et si le mode de vie associé est à la hauteur de nos attentes. Nous sommes conscients qu'il y aura des décalages entre nos plans théoriques et la réalité. Tout ne se passera pas comme prévu, mais c'est précisément l'intérêt de mener cette expérience ! Le protocole scientifique que nous suivrons nous permettra d'évaluer l'impact sur notre santé et notre bien-être, l'empreinte sur l'environnement, ainsi que d'étudier l'aspect économique. À notre retour, nous serons donc en mesure de tirer des conclusions sur l'expérience.

**Caroline Pultz & Corentin De Chatelperron**  
*porteuse et porteur du projet au Low-tech Lab*

# *Carnet de bord*





© Corentin  
De Chatelperron

### Bienvenue en 2090 !

En 2090, au Mexique, après dix ans d'exploration autour du globe, le projet Biosphère est né. Son objectif: créer un mode de vie sain, durable et accessible au plus grand nombre, en utilisant des solutions low-tech désirables pour l'avenir. Pendant 4 mois, cette nouvelle Biosphère s'est développée dans un lieu isolé et aride en bord de mer en Basse-Californie, en réponse



à la croissance des zones arides touchant de nombreuses personnes dans le monde. Ce projet prospectif vise à explorer un mode de vie désirable et respectueux de la nature, prouvant que l'harmonie entre l'humain et son environnement est un avenir réalisable grâce à des moyens low-tech.



© Laurent Sardi

### Habitat-écosystème

La Biosphère expérimentée en Thaïlande par Corentin était une première étape sur laquelle nous nous sommes basés pour dimensionner la nouvelle base de vie du désert. Sur 60m<sup>2</sup>, la Biosphère génère suffisamment de protéines, de vitamines et de minéraux pour deux humains, pour environ 1,6 euro par jour et par personne. Cette chrysalide faite de bois et de tissu bio-sourcé accueille et croise tous les maillons de l'écosystème Biosphère : grillons, champignons, légume-feuilles, spiruline, mouches soldats noires et humains. Tous cohabitent en harmonie au sein de ce même espace, entourés de dispositifs low-tech tels que la désalinisation de l'eau, la cuisson solaire des aliments, et l'utilisation de l'énergie musculaire pour éclairer la nuit. Cette Biosphère du désert illustre ainsi comment divers systèmes low-tech interdépendants peuvent coexister durablement.





© Corentin  
De Chatelperron

### L'urée vers l'or

Loin de la civilisation au milieu du désert, nous sommes amenés à produire notre propre engrais. Chaque jour, nous produisons environ 1,5 L d'urine, riche en nutriments comme l'azote et le phosphore, précieux pour la croissance des plantes. Mais pas que. Dans la Biosphère, près de 47 L d'urine produite par les habitants ont fertilisé la culture de légumes-feuilles en bioponie ainsi que le bassin de spiruline ! Cette micro-algue ultra-nutritive se développe dans une eau salée et alcaline :



elle est nourrie d'urine pour l'azote et le phosphore nécessaires à sa croissance, ainsi qu'une solution de jus de rouille vinaigré pour l'apport en fer dont elle a besoin. Pour vivre, elle nécessite aussi une forte luminosité tout en évitant une longue exposition au soleil. Dans l'univers Biosphère, les low-tech nous invitent à participer à une symbiose subtile entre l'humain et les autres espèces, le tout dans un écosystème florissant.



### **Mer de Cortès, l'Aquarium du Monde**

Durant cette expérience, la mer de Cortès s'est révélée être un véritable aquarium naturel. Nous avons eu le privilège d'observer le départ majestueux des baleines grises et de leurs baleineaux, amorçant leur incroyable périple de près de 10 000 km vers les eaux glaciales d'Alaska. Les requins-baleines, dauphins et raies mantas étaient également présents. Chacun moment de contemplation et d'apprentissage renforce notre lien avec le monde naturel.



© Caroline Pultz

### Centrale musculaire

L'énergie est un enjeu crucial qui sous-tend la quasi-totalité de nos activités humaines. Alors que nous comptons sur le soleil du désert, comment faire lorsqu'il fait nuit ou que le temps est couvert ? À la croisée de la nécessité et du bien-être, il faudra compter sur nos muscles pour actionner le pédalier générateur d'électricité. C'est ce qu'on appelle le fitness utile ! Simple et astucieux, le vélo transforme le pédalage en courant électrique, acheminé directement vers nos équipements ou stocké dans une batterie. Le principe est simple : les pédales entraînent le pignon principal à une vitesse de 60 tours par minute. Ce dernier est



rélié à un second pignon plus petit permettant de multiplier par 4 la vitesse de rotation. Sur le même axe est encastré une roue d'inertie atteignant une vitesse de 1000 tours par minute, est elle-même reliée à un alternateur allant à 4000 tours par minute. Le pédalier n'est pas simplement une source d'énergie mais aussi un moyen d'avoir une activité physique régulière. Dans le but de varier les sollicitations musculaires, nous avons prévu 3 modes d'utilisation : mannelier, vélo et rameur.





© Corentin  
De Chatelperron

### Le Jardin des saveurs

Au cœur de notre désert se développe un oasis. Pour combler nos apports en vitamines, nous cultivons divers légumes-feuilles : moutarde, pak choï, epazote, salades, oignons nouveaux, mizuna, ... Le secret réside dans l'hydroponie, un système de culture hors-sol où les racines des plantes captent directement dans l'eau les nutriments nécessaires à leur développement. Cette technique est particulièrement intéressante dans les zones arides et où la terre est impropre à la culture. Nécessitant jusqu'à dix fois moins d'eau qu'une culture traditionnelle en terre, ce système économise est le plus adapté à notre expérimentation. Lorsque les nutriments sont organiques et biologiques, l'hydroponie devient bioponie. C'est donc notre cas car nous utilisons notre urine comme engrais, celle-ci étant préalablement transformée par des bactéries en nutriments assimilables par les plantes : sous l'effet d'une enzyme, l'urée contenu dans l'urine s'y décompose rapidement en ammoniac puis se transforme en nitrites et nitrates assimilables par les végétaux.

© Laurent Sardi



© Corentin  
De Chatelperron

### Eau douce, l'enjeu du désert

Face à l'aridité ambiante de notre terrain d'expérimentation, nous ne pouvons pas compter sur la récolte d'eau de pluie. Ainsi, le moyen qui nous a paru le plus efficace est la désalinisation d'eau de mer, alimentée par la source d'énergie la plus abondante : le soleil. Avant de débuter la conception d'un système, il est important de questionner ses besoins et d'identifier des moyens peu impactants pour les satisfaire. L'accès à l'eau douce se révèle essentiel pour garantir le bon fonctionnement de l'écosystème Biosphère. Nous avons calculé nos besoins quotidiens à 40 litres d'eau douce pour deux humains, une différence significative par rapport aux 150 litres par personne et par jour en milieu urbain.

Le principe du dessalinisateur solaire réside dans une boîte isolée dans laquelle l'eau de mer est chauffée par le soleil. L'eau pure s'évapore puis se condense sur une surface vitrée. Le condensat est soigneusement recueilli. Notre prototype, en une journée ensoleillée, récolte près de 4 litres d'eau douce par mètre carré. Plus de 60% de la population mondiale habite près de la mer, et nombre d'entre eux dans des zones arides. Les méthodes conventionnelles telles que l'osmose inverse sont coûteuses et énergivores. Conçu à partir de matériaux locaux ou de récupération, ce système low-tech apparaît comme une alternative réalisable à l'échelle mondiale.





© Caroline Pultz

### Cuiseur parabolique solaire

Comment satisfaire nos besoins énergétiques de manière efficace et dans une démarche low-tech ? Dans le désert, la présence évidente du soleil devient une ressource incontournable. Nos aliments sont cuits au cuiseur solaire. Sous forme de parabole, il concentre les rayons du soleil tel un miroir pour



générer de la chaleur et permettre la cuisson ou conservation d'aliments. Comparé aux fourneaux traditionnels, la cuisson solaire demande un peu plus de patience et permet ainsi de mieux préserver les propriétés nutritives des aliments. Ainsi la parabole solaire marie technologie douce et cuisine délicieuse.



© Corentin  
De Chatelperron

### Douche champignonne

Riches en protéines et en vitamines, les pleurotes poussent sur des déchets agricoles. Cultiver des pleurotes, c'est transformer les résidus de paille et de bois en une source nutritive riche en eau. La culture de pleurotes constitue une bonne source d'alimentation et de revenus pour beaucoup de personnes dans le monde. Dans Biosphère, nous intégrons les champignons dans notre menu pour apporter une touche de saveur et de diversité à nos repas. Par ailleurs, ils jouent un rôle crucial dans notre quête pour un équilibre nutritif. Saviez-vous que les pleurotes abritent jusqu'à 5 fois plus de protéines que nombre de légumes ? À la différence de la première mission Biosphère, nous expérimentons cette fois la culture du pleurote sur son cycle complet, depuis la production de mycélium jusqu'à la récolte des champignons. Un pas de plus vers le futur !

© Caroline Pultz





© Corentin  
De Chatelperron

### Le Crotale

La Basse-Californie est connue pour ses déserts hostiles et nous n'avons pas échappé à la saison du crotale. On le connaît aussi sous le nom de serpent à sonnette, ce serpent venimeux chasse la nuit à l'affût et se nourrit de rongeurs (lapins, écureuils, souris), d'oiseaux et petits lézard. Doté d'un venin puissant, une morsure de ce redoutable serpent peut être fatale. En cas de rencontre fâcheuse, l'action la plus



sage consiste à rejoindre urgentement un centre hospitalier pour bénéficier d'un traitement anti venin adéquat. Bien que nous ayons emporté un aspi-venin en cas de nécessité, les conseils locaux nous ont vivement recommandé de privilégier des mesures avérées plutôt que de s'appuyer sur cet appareil.



© Corentin  
De Chatelperron

### Scorpions du désert

Au cœur de la Basse-Californie, nous étions bien naïfs de penser que vivre ici serait facile. En effet, les scorpions du désert y règnent en maîtres. Le jour, ces créatures aux pinces puissantes et à la couleur sable, qui les rend difficilement visibles, étaient une menace constante. Avant de toucher quoi que ce soit dehors, nous devions être extrêmement prudents. Mais la nuit, sous la lueur de nos lampes ultraviolet, leur exosquelette devenait fluorescent. Vous ne pouvez imaginer la sensation étrange que nous avons ressentie lorsque nous avons découvert qu'il y en avait des dizaines à seulement un mètre de la tente ! Pourtant, pendant les quatre mois passés dans ce désert aride, à dormir à même le sol et à marcher pieds nus, nous avons miraculeusement évité leurs piqûres dangereuses ! Étions-nous trop naïfs ou simplement de véritables aventuriers ?





© Corentin  
De Chatelperron

### Broyeur manuel

La plupart de la nourriture est produite à l'intérieur de la Biosphère grâce à une certaine combinaison de low-tech. Cependant, l'expérimentation se déroule dans un habitat de 60 m<sup>2</sup> sur une période de 4 mois, ce qui est incompatible avec la culture de certains aliments. C'est le cas des huiles, céréales et légumineuses achetées en agriculture biologique directement au Mexique. Parmi ces choix stratégiques : maïs



et riz pour les céréales, pois chiches, lentilles et haricots pour les légumineuses, tandis que l'huile de canola complète l'équation. Notre objectif ? Opter pour une base alimentaire facilement stockable et localement accessible, riche en nutriments essentiels. Notre budget pour ces intrants ne dépasse pas 1,6 euros par personne et par jour.



© Corentin  
De Chatelperron

### La Pizza Crotale

Au bout de 4 mois de recherche culinaire est née « La Crotale », spécialité gustative de la Biosphère. L'expérimentation a guidé la création de cette « pizza », mêlant saveurs et ingrédients novateurs. Sa base ? Une pâte épaisse à idlis, mélange de riz et lentilles fermentées pour les protéines végétales. Son caractère unique est rehaussé par une mayonnaise végétale



à la spiruline. Pleurotes roses et grillons croustillants se partagent la garniture avec les jeunes pousses de moutarde. Une touche de fraîcheur avec la salade pak choï, une note d'epazote pour la digestion, et les pickles de céleri ajoutent une explosion de saveurs. De la préparation de la pâte à l'assemblage final, nous la préparons avec passion et appétit !



© Caroline Pultz

### **Une cuisine sans frigo**

Dans Biosphère, nous consommons principalement des aliments qui ne demandent pas de fraîcheur pour leur conservation. Néanmoins, il existe dans l'alimentation différentes techniques de conservation qui évitent la consommation d'énergie comme la lacto-fermentation. Utilisée depuis le néolithique, cette technique consiste à laisser macérer des aliments dans



du sel ou une saumure. L'absence d'oxygène va permettre aux enzymes et bactéries appelées lactobacilles de se former et ainsi empêcher le pourrissement et la formation de moisissures. Si cette technique facilite la digestion et assimilation des aliments, les légumes lacto-fermentés apportent une saveur particulière aux plats surpassant même leurs équivalents crus.



© Caroline Pultz

### Grillons sauvages

Les insectes côtoient et interagissent avec les humains depuis ses origines et font partie de l'alimentation courante dans de nombreux pays. Véritables bombes nutritionnelles, les grillons domestiques nous intéressent pour leurs vitamine B12 mais aussi pour leur quantité de protéine similaire à celle des produits carnés conventionnels. L'élevage de ces êtres à six pattes présente un bilan environnemental épata : il émet 100 fois moins de gaz à effet de serre que la production de porc ou de bœuf, tout en nécessitant 25 fois moins de nourriture, 2000 fois moins d'eau et 15 fois moins d'espace ! Aucun doute, les grillons font partie de l'alimentation du futur, ce qui nous encourage à expérimenter leur élevage dans Biosphère.







© Corentin  
De Chatelperron

### **La mouche soldat noire, le cœur de l'écosystème**

Dans la nature, les déchets n'existent pas. Chaque année, l'humanité génère environ 300 à 800 millions de tonnes de matière fécale. Traitée comme un déchet, elle finit au mieux dans les égouts ou fosses septiques, au pire dans des fosses en plein air. Cependant, une valorisation de plus en plus répandue est la transformation de ces matières fécales grâce à des insectes, telles que les mouches soldats noires. Leurs larves se nourrissent de nos déchets, notamment ceux de nos toilettes sèches, créant ainsi un compost d'exception en un temps record. Les avantages s'enchaînent : réduction du volume du compost, fertilisation féconde pour nos sols. Mieux encore, ces larves se transforment en nourriture protéinée pour les animaux d'élevage. Leur développement permettrait de réduire la surface agricole ainsi que la pêche dédiées à la production de nourriture pour l'élevage. En quelques jours, 1 kg d'œufs de mouches génère au bout d'une quinzaine de jours environ 10 tonnes de larves vivantes, permettant d'éliminer ainsi jusqu'à 50 tonnes de déchets organiques. Pour boucler ce cycle vertueux, une fraction des larves perpétue l'espèce, tandis que le reste devient l'aliment de base des grillons.



© Corentin  
De Chatelperron

### La révolution du Smart-Ordi

Au cœur de notre quête d'efficacité énergétique, Corentin a laissé son ordinateur derrière lui il y a 3 ans. Depuis, nos téléphones portables sont devenus des ordinateurs portables, une solution ingénieuse pour économiser les ressources en matières précieuses. Cet outil extrêmement utile, devenu incontournable pour la plupart d'entre nous, est souvent très suréquipé par rapport à l'utilisation que nous en faisons. Cela a évidemment une incidence sur le prix de ces objets, qui exclut une grande partie du monde. Sans parler de l'impact sur l'environnement, notamment à cause de l'extraction des minéraux nécessaires à leur construction qui, le plus souvent, sont très peu recyclés en fin de vie. L'empreinte numérique est marquée par ce constat : le nombre excessif d'appareils numériques par personne en est la principale cause.

© Laurent Sardi





### **Une hygiène respectueuse**

Le cycle de l'eau fait officiellement partie des 9 limites planétaires franchies. Le circuit d'eau fermé imaginé pour Biosphère assure l'économie d'eau tout en la distribuant efficacement vers les plantes et les champignons. Les eaux usées de la vaisselle et de l'hygiène se rejoignent dans ce cycle fermé, évitant tout gaspillage. Pour préserver cette ressource, nous évitons les détergents susceptibles de contaminer l'eau. Pour ne pas polluer notre réseau d'eau, optant pour des alternatives naturelles et biodégradables. La lessive de cendre, les savons à base d'huile, d'eau et à la soude, ainsi que le dentifrice fait maison, sont nos choix pour maintenir une hygiène respectueuse au sein de l'écosystème Biosphère.



© Corentin  
De Chatelperron

### Le CyberCactus

Accéder à internet au milieu du désert nous demandait de marcher une trentaine de minutes et d'escalader une falaise, jusqu'au plateau de majestueux cactus de Basse-Californie. Brandissant nos téléphones vers le sommet du « CyberCactus », nous captions péniblement le signal faible. Nos interactions en ligne étaient méthodiques : e-mails pré-écrits, suivi listé



de sujets à documenter en ligne. Un maximum de trente minutes pour éviter l'overdose d'informations. Les messages et les données étaient téléchargés pour une lecture différée, l'avalanche d'informations étant trop lourde à absorber en une seule fois. Ce nouvel Internet, vécu au rythme du CyberCactus, s'est révélé un bienfait inattendu, changeant notre rapport à lui.



© Corentin  
De Chatelperron

### Contemplation et apprentissage

Au fil de notre expérience, la contemplation, la compréhension et l'apprentissage de notre milieu se sont approfondis. La seconde moitié de l'expérience nous a immersés de manière totale et permanente au monde naturel. Initialement hostile, l'environnement semble désormais nous accueillir à bras ouverts, et nous nous y sentons pleinement intégrés. Dans ce monde sauvage, nous nous sommes parfaitement adaptés à notre cadre, bien que cela ait demandé des sacrifices au départ : adaptation physique, doute et inconfort. Mais cela en valait la peine. Le sentiment d'appartenance grandissant, la biodiversité de la Basse-Californie s'est dévoilée dans toute sa splendeur au fil du temps : bernard l'hermite, pélicans, renards, blaireaux, scorpions et bien d'autres encore. Le désert, inattendu foyer de vie, nous a enseigné ses secrets bien gardés.



*4 mois dans le désert*

# Introduction

Voici les résultats de notre expérience. L'objectif était de mesurer l'efficacité des dispositifs low-tech et leur ergonomie dans un contexte extrêmement aride aux ressources rares. Mais pas que ! Au-delà de la simple fonctionnalité, notre démarche s'est étendue à l'étude d'autres paramètres tels que les aspects financiers, les impacts sur la santé, l'empreinte écologique, l'épanouissement et le bien-être procurés par un tel mode de vie. Les résultats que nous vous présentons sont le fruit de notre engagement dans cette expérience, illustrant notre volonté de démontrer la possibilité d'adopter d'autres modes de vie sains et durables sur Terre, quoiqu'il arrive.

Ces données sont issues d'un protocole scientifique. Nous avons pesé chaque jour les ressources produites et la consommation de tous les maillons de la Biosphère (spiruline, plantes, champignons, humains, insectes, etc). La balance impédancemètre "Tanita" nous a permis de collecter les données sur notre composition corporelle. Un gilet a été utilisé pour enregistrer la fréquence cardiaque et la fréquence respiratoire, tandis qu'un actimètre a permis d'identifier les durées d'activité telles que l'éveil et le sommeil. Des analyses de notre sang ont permis de comparer sa composition avant et après l'expérience. Étant donné l'absence d'indicateurs objectifs pour mesurer le bonheur, un journal de bord a été tenu, accompagné de questionnaires psychologiques afin d'étudier notre niveau d'anxiété.

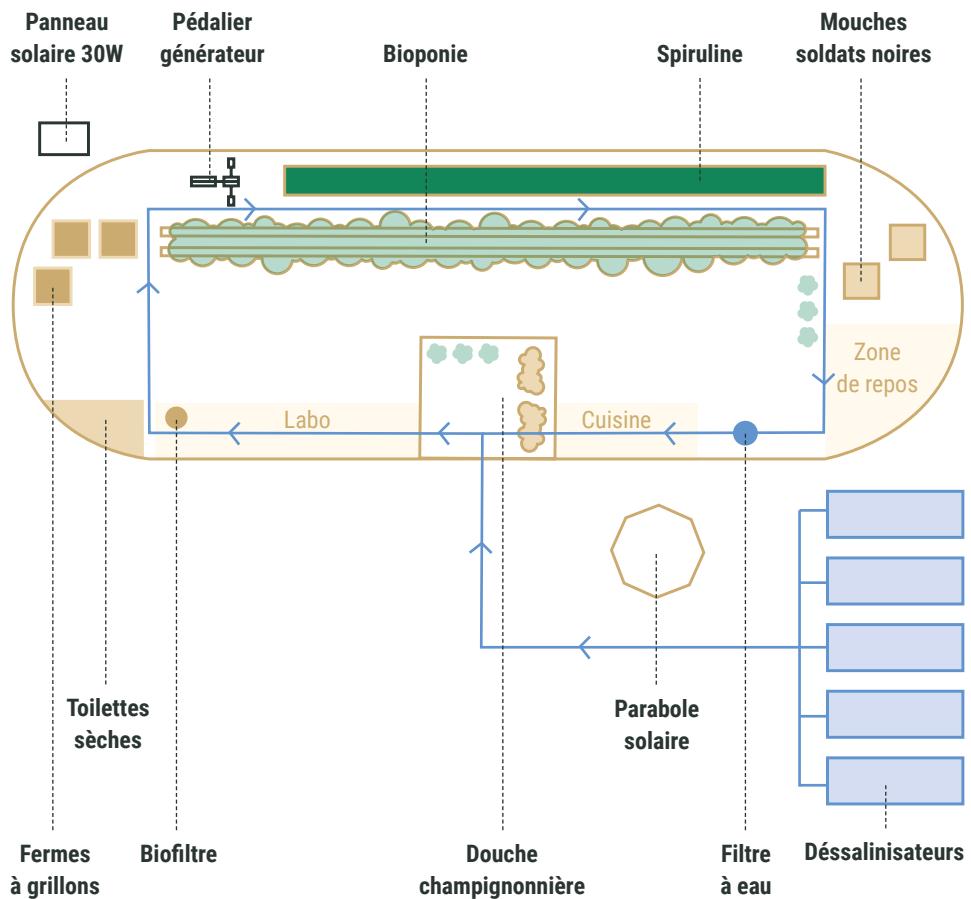
Prêts à embarquer avec nous pour 120 jours d'expérimentation ?

**Caroline & Corentin**



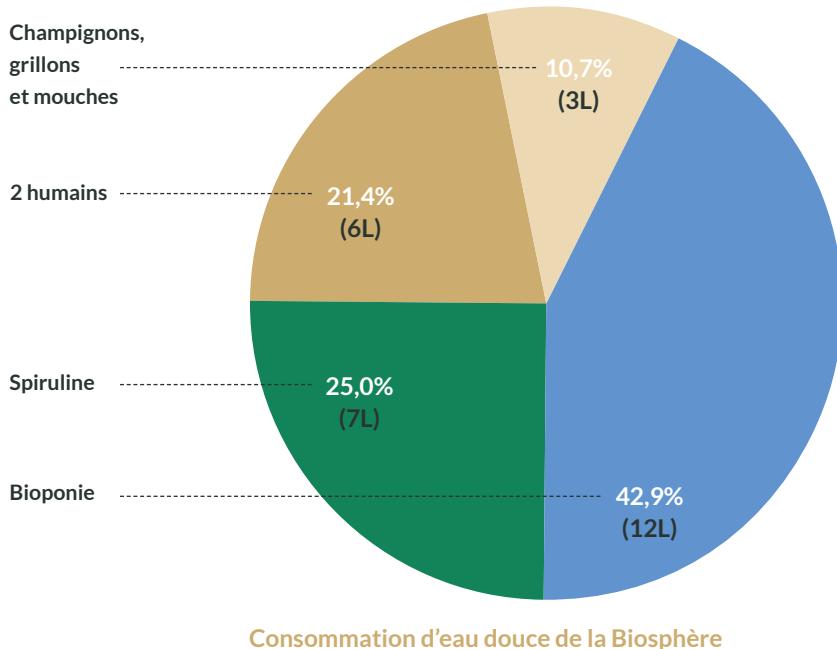
# Retours d'expérience

## 1. LA CELLULE DE LA BIOSPHÈRE

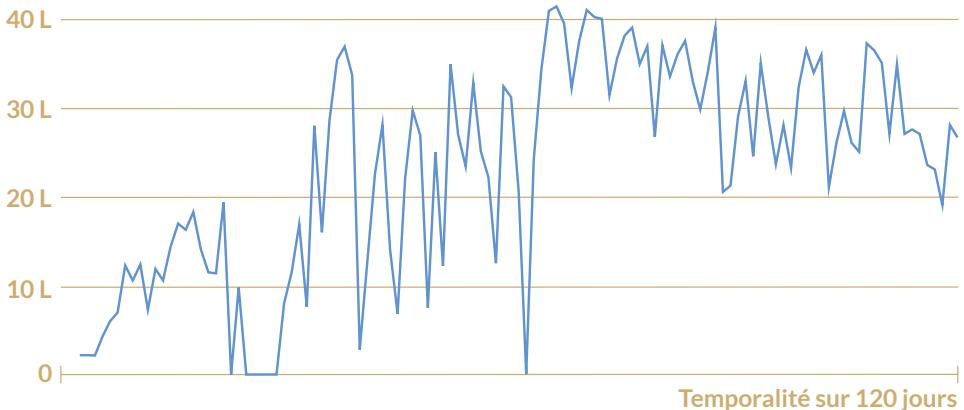


Comme une cellule dont la membrane serait en tissu, elle abrite tout un écosystème comprenant des humains, des plantes, des insectes, des bactéries et des champignons. Un circuit d'eau, comme une rivière intérieure, abreuve chaque espèce. Cette eau est produite par des dessalinisateurs solaires installés sur la plage. Chaque espace a été pensé pour l'ergonomie et la compacté. Par exemple, les champignons fructifient dans la douche car c'est la zone sombre et humide et la culture de spiruline est située sous le système suspendu de bioponie. Ainsi la Biosphère a une emprise de seulement 60 mètres carrés au sol.

## 2. LE GRAND DÉFI DE L'EAU DOUCE

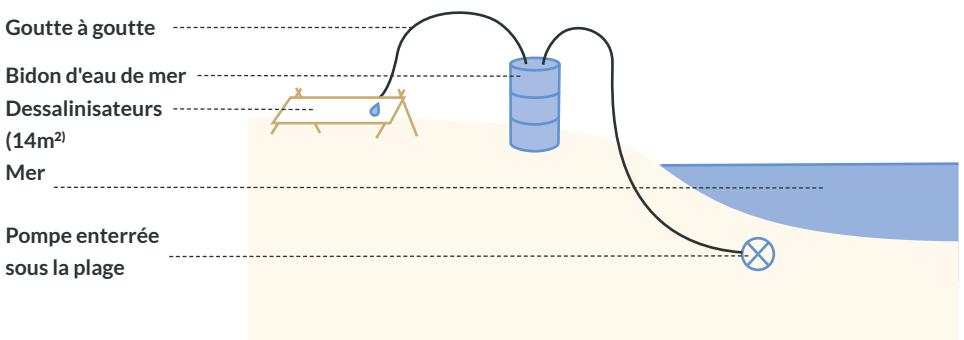


L'eau des dessalinisateurs, récupérée chaque jour à l'aube, était répartie dans le bassin de spiruline, le bac de douche et le filtre à eau. L'eau pour les grillons, les champignons, les mouches et les arbustes était puisée dans le bac de douche au fil des besoins. Grâce à notre système de circuit d'eau fermé, aucune goutte d'eau ne se perdait. Résultat : nous avons eu besoin en moyenne de seulement 28 litres d'eau par jour pour la production alimentaire, l'hygiène et la cuisine pour deux personnes (soit 14 litres par personne et par jour contre 150 litres en moyenne pour un français, sans compter la production alimentaire !).



### Production des dessalinisateurs par jour en L

Ce n'est qu'au bout de 2 mois d'amélioration continue que les 14 mètres carrés de dessalinisateurs ont atteint (et même dépassé !) l'objectif de production des 40 litres. Les principales optimisations ont été l'isolation thermique avec de la paille et de la ficelle de chanvre, la bonne gestion du débit des goutte-à-goutte, la protection contre les abeilles, la filtration de l'eau de mer en enterrant la pompe d'alimentation sous la plage. Au début du deuxième mois, une marée haute et un coup de vent violent ont empêché la production d'eau douce pendant plusieurs jours.



Une pompe de cale de bateau était enterrée sous la plage, pour filtrer l'eau de mer grâce à l'épaisseur de sable, afin qu'elle ne bouche pas le système de goutte-à-goutte. Cette pompe était alimentée chaque matin, à l'aube, en branchant la petite batterie que nous avions préalablement chargée avec la machine de fitness, pour remplir le bidon d'eau de mer. Ce dernier alimentait les goutte-à-goutte par gravité.



Pendant le remplissage du bidon d'eau de mer nous nous occupions de nettoyer les vitres et le rail d'évacuation de la saumure car du sel et de la poussière s'y déposaient pendant la journée. Nous devions aussi régler le débit d'arrivée d'eau de mer selon la météo : l'augmenter par beau temps et le diminuer par temps nuageux.



Nous avons pu expérimenter la production de sel à partir de l'eau de mer grâce à un marais salant. Dans 1 litre d'eau de mer, il y a entre 30 et 35 grammes de sel. Pour une prochaine tentative, une piste d'amélioration consisterait à optimiser le dessalinisateur afin de permettre à la fois la récolte de la saumure et sa transformation en sel de cuisine.

### 3. LA SPIRULINE

#### Chiffres clés

Production sur les 4 mois :

**15,2 kg**

soit 130 g/jour.

Surface occupéé :

**5,75 m<sup>2</sup>**

Quantité d'eau utilisée :

**6,7 litres**

par jour (hors quantité nécessaire à la création initiale de la culture), soit 51,4 litres par kilo de spiruline produite.

Quantité d'urine utilisée :

**357 mL**

par jour.  
(soit 26,1% de notre production d'urine)

#### Apports nutritifs par rapport à nos besoins

**5% de protéines**    **20% de fer**  
par jour.

**11%**

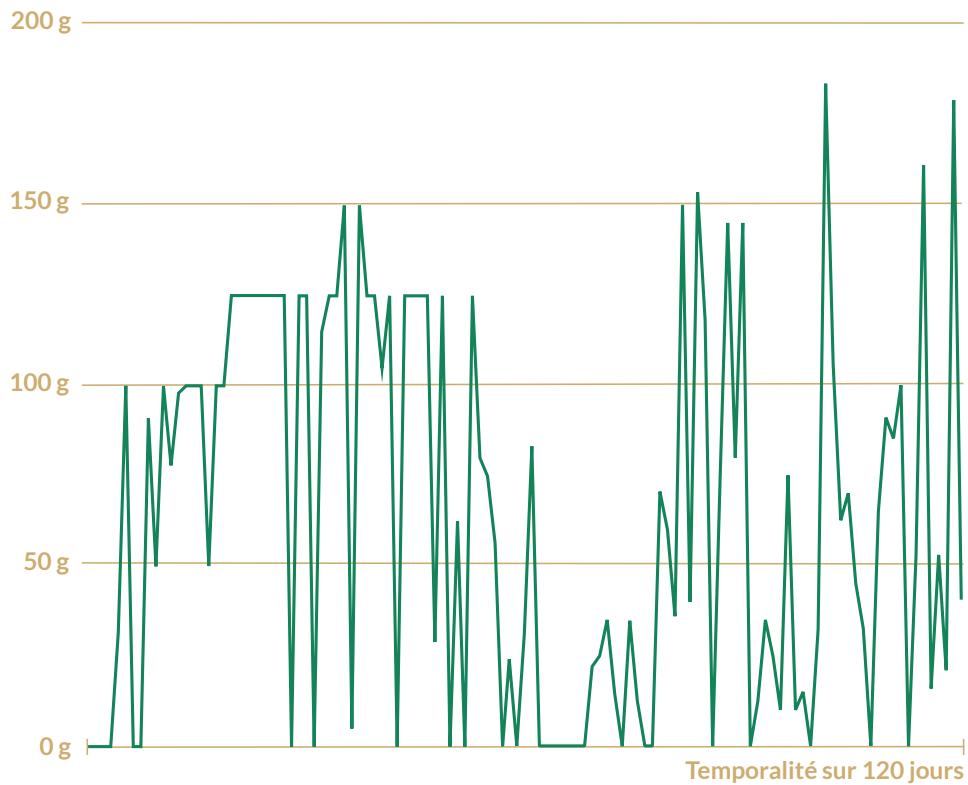
**de vitamine B1**  
par jour.

**14%**

**de vitamine B2**  
par jour.

**19% de cuivre**  
par jour.

La spiruline aurait aussi comblé nos besoins en vitamine B12.



Consommation de spiruline par personne et par jour en grammes

Nous avons commencé notre bassin de spiruline avec une souche de 2 litres achetée localement (la spiruline "Maxima" est originaire du Mexique). En 22 jours nous avons pu l'augmenter jusqu'à un volume de 300 litres. À cause de nos restrictions d'eau et d'une fuite du bassin nous avons dû attendre 2 mois avant d'atteindre 500 litres.



Au début nous pouvions prélever la couche de surface, en faisant passer un tuyau flottant sur toute la longueur du bassin, ce qui rendait la récolte très facile et rapide. Mais après 2 mois, la spiruline a arrêté de remonter à la surface, nous avons dû filtrer dans la masse, ce qui prenait beaucoup de temps, car nous n'avions pas le filtre adapté.



La spiruline a fait partie de tous nos repas. Nous avions des doutes sur la possibilité d'en consommer en si grande quantité. Elle s'est finalement révélée être une excellente base pour nos sauces. Nos analyses de sang nous ont montré que nos taux de vitamine B12 avaient augmentés, ce qui serait dû à la spiruline, alors que nos sources d'informations disaient que cette vitamine est présente dans la spiruline mais non assimilable.

### **Les +**

- La spiruline est sans doute l'espèce vivante de l'écosystème qui nous a le plus impressionnés par son efficacité. Une fois le bassin créé, elle ne demande plus aucune ressource extérieure, elle se nourrit de notre urine et a été un aliment indispensable dans notre régime alimentaire.
- Nous avons beaucoup apprécié sa culture. Cette synergie avec une cyanobactéries si ancienne sur l'échelle de l'évolution des espèces vivantes représente non seulement un retour aux sources mais également une approche durable de l'alimentation pour les générations futures.

### **Les -**

- Nous n'avons pas trouvé le couvercle idéal pour limiter l'évaporation d'eau du bassin de culture.
- Nous aurions dû veiller à l'importance de combiner la spiruline avec d'autres aliments riches en vitamine C pour une meilleure assimilation du fer.

## 4. LA BIOPONIE

### Chiffres clés

Production de feuilles sur les 4 mois :

**9,4 kg**

Le dernier mois, nous avons consommé 4,8 kg de feuilles produites par le système de bioponie, soit 159 grammes par jour.

Quantité d'urine utilisée :

**8,9 L**

sur les 4 mois

(soit 76,5 mL par jour, soit 5,6% de notre production d'urine)

Surface occupée :

**8 m<sup>2</sup>**

Quantité d'eau utilisée le dernier mois :

**434 litres**

soit 14,5 L par jour (pour tout le circuit fermé, cela comprend donc aussi les champignons, hygiène et arbustes).

Il a fallu en moyenne 91 litres d'eau par kg de plantes consommées.



Consommation de feuilles par personne par jour en grammes

Les restrictions d'eau des 45 premiers jours ont fortement ralenti la croissance des plantes, en plus d'engendrer des attaques de parasites. Par la suite, il y a eu une bonne production d'une grande diversité d'espèces différentes. Pour fertiliser nous ajoutions directement l'urine dans le circuit d'eau, à raison de 1% du volume d'eau ajouté chaque matin. Nous pouvions mesurer l'efficacité du travail des bactéries nitrifiantes logées dans le biofiltre en mesurant le taux de NO<sub>3</sub>.



Mizuna, épazote, ruda, jiaogulan, sauge, vaporub, 2 types de basilic, pak choï, 4 types de moutardes, fleur et feuilles de patates douces, roquette, pourpier, radis, tomates, chou kale, céleri, aneth, coriandre, menthe... Parmi toute cette diversité, la moutarde géante a été notre variété favorite. Nous avons aussi mangé des graines germées et des jeunes pousses.



**En plus du système de bioponie nous avions quelques plantes en pot : citronnier, aloe vera, moringa, nopalas et piments. Mais nous utilisions 1,5 litre d'eau quotidiennement, ce qui nous semblait être une quantité excessive pour un résultat minime.**

#### **Les +**

○ Nous avons été impressionnés par la diversité de plantes, de saveurs, textures et apports nutritifs que nous pouvions cultiver avec si peu de ressources, d'espace et de temps de maintenance.

#### **Les -**

○ Nous avons utilisé du bioplastique PLA pour fabriquer les gouttières, mais il s'est fendu, ce qui a entraîné des fuites d'eau. Il serait préférable d'utiliser du PLA opaque et plus souple pour éviter les fissures et les algues.

○ Nous ne maîtrisions pas suffisamment les procédés de semis et de repiquage (beaucoup de graines ont été perdues). Nous avons aussi beaucoup à apprendre sur le positionnement et les synergies entre chaque espèce car chaque plante a besoin de plus ou moins d'eau, plus ou moins de nutriments, plus ou moins de soleil, et certaines gagnent à être placées côté à côté.

## 5. LES GRILLONS

Chiffres clés

Volume occupé:

**1 m<sup>3</sup>**

Production totale récoltée et consommée:

**300 g**

Quantité totale inconnue car à la fin de l'expérience, de nombreux grillons n'étaient pas arrivés à maturité (pesée des petits grillons trop difficile).

Consommation en nourriture:

**1,4 kg**

de céréales et légumineuses.

**120 g**

de larves de bsf.

Les grillons sont omnivores.



Trois boîtes pour 3 étapes de croissance : bébés, adolescents et adultes. La croissance des grillons a été fortement ralenti par les températures froides la nuit dans le désert. Nous en avons consommé beaucoup moins que prévu.

**Les +**

- Tout le matériel peut être biosourcé, et est très accessible financièrement. L'impact écologique de cet élevage paraît excellent.
- Élever nos grillons a été une expérience extrêmement gratifiante. À force d'observer leur cycle de vie dans son intégralité et de veiller à leur bien-être quotidien, on s'y attache beaucoup.

**Les -**

- Nous aurions dû élever dès le début des grillons sauvages du désert plutôt que de se fournir dans une autre région du Mexique. Ils sont sans doute mieux adaptés aux conditions climatiques locales.
- Un incubateur pour garder les œufs et bébés grillons à température optimale aurait grandement accéléré leur croissance.

## 6. LES CHAMPIGNONS

### Chiffres clés

Production totale produite et consommée:

**2,3 kg**

Le dernier mois a été le plus productif avec 1 kg, soit 34,3 grammes par jour.

Consommation en substrat:

**≈ 12,5 kg**

de paille sèche.

Volume occupé:

**≈ 0,1 m<sup>3</sup>**

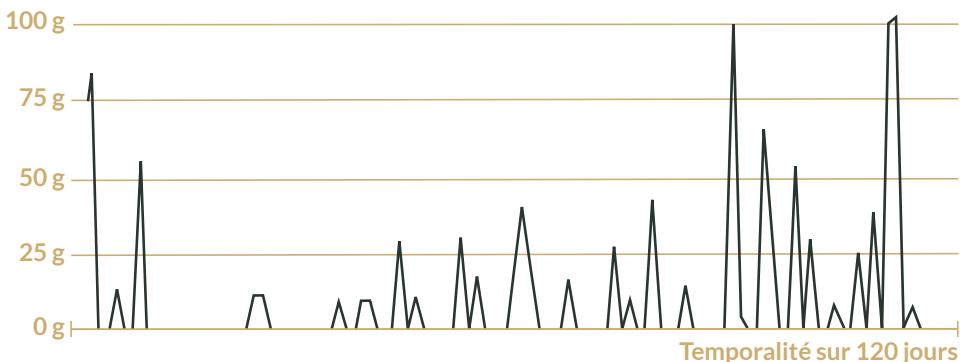
Consommation en eau:

**21,8 L**

pour l'opération de pasteurisation de la paille.

Nous ne connaissons pas la quantité d'eau utilisée pour la fructification, étant donné que l'eau était brumisée via le circuit fermé du système de bioponie.

125



Consommation de champignons par personne par jour en grammes

Les récoltes de champignons sont très aléatoires et dépendent beaucoup des conditions climatiques. Au début de l'expérience, les restrictions d'eau ne permettaient pas de maintenir un taux d'humidité adéquat pour la fructification, ni d'assurer l'opération de pasteurisation du substrat (qui doit se faire dans l'eau chaude).



Après plusieurs versions, les tours en PLA se sont révélées très adaptées à notre douche champignonnière.

**Les +**

- La culture des champignons a prouvé sa robustesse en milieu extrême, offrant des récoltes délicieuses malgré les défis rencontrés.
- Les champignons sont fascinants car ils grandissent rapidement. C'est un être vivant dont il est agréable et gratifiant de prendre soin.

**Les -**

- Il aurait fallu un incubateur pour avoir moins de pertes dans les phases de développement du mycélium liquide et sur grains. Le manque d'équipement adéquat pour la pasteurisation a également freiné notre production de champignons.
- En raison de l'absence de résultats probants concernant la revalorisation du compost provenant des toilettes vivantes, nous n'avons pas pu évaluer l'ajout de ce compost au substrat pour champignons.

## 7. LES MOUCHES SOLDAT NOIRES

### Chiffres clés

**Production totale de compost:** **Volume occupé:**

**5,3 kg**

de selles transformés

**0,7 m<sup>3</sup>**

**Production totale  
de larves:**

**inconnue**

**140 g de larves récoltées ont été  
données à manger aux grillons.**

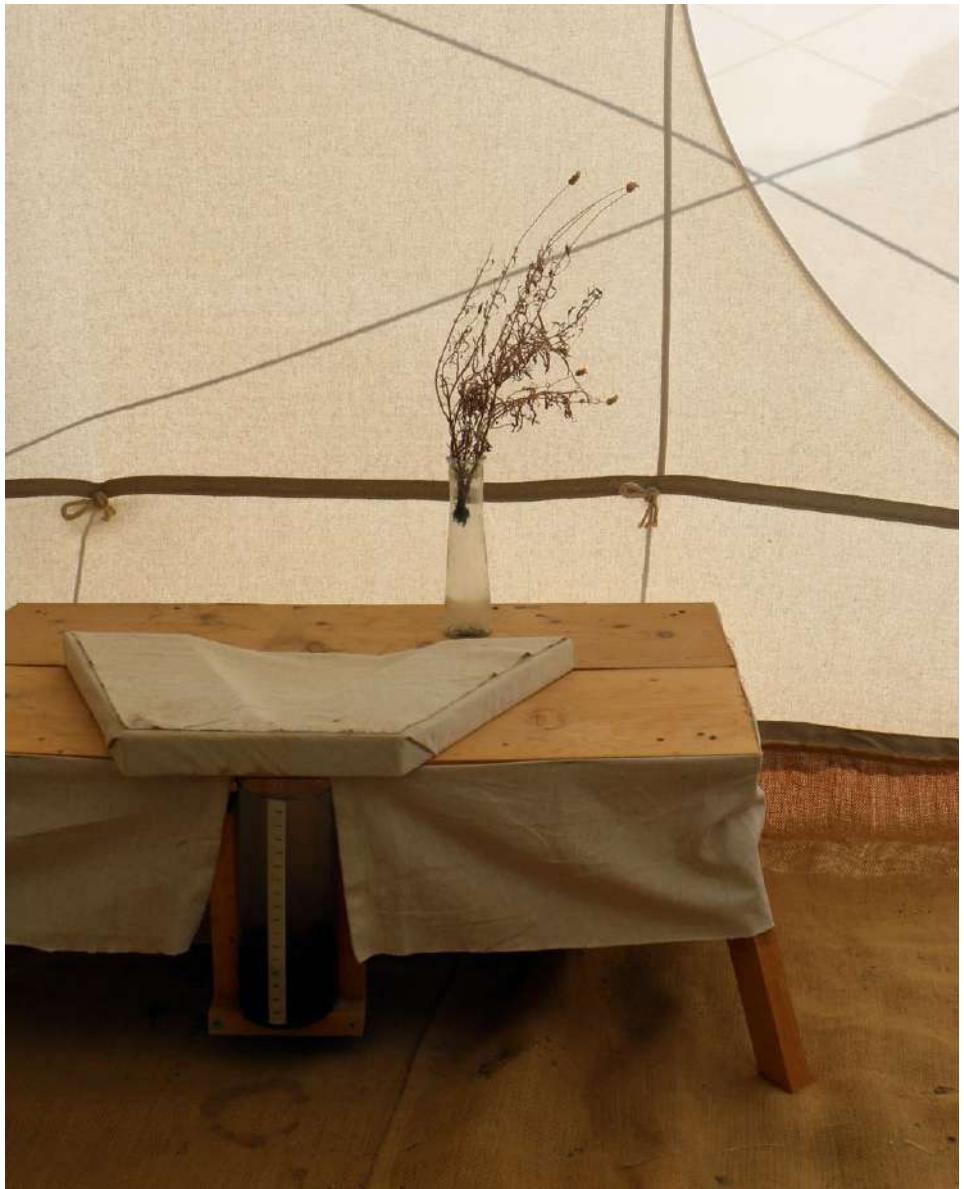
**Consommation en eau  
en moyenne:**

**25 mL**

par jour pour les mouches.



Après une phase de rodage pour bien comprendre comment gérer l'abreuvoir et le pondoir, les volières ont été efficaces et ont permis la récolte de beaucoup d'œufs.



Le système des toilettes semblait fonctionner correctement, avec le séparateur d'urine et le contenant pour les larves. Cependant nous n'avons pas pu l'utiliser suffisamment longtemps pour avoir un retour d'expérience significatif. En effet, le cycle des mouches a été fortement ralenti par la faible température la nuit dans le désert. Les toilettes à larves n'ont été fonctionnelles que quelques semaines à la fin de l'expérience.

**Les +**

○ Nous avons développé un lien inattendu avec ces incroyables mouches. Voir grandir les larves, étudier leurs comportement jusqu'à assister à des accouplements de mouches ou découvrir des œufs dans les pondoirs chaque matin nous a ouvert les portes d'un monde fascinant.

**Les -**

○ Un incubateur aurait permis de mieux gérer les éclosions et la croissance des jeunes larves. Nous aurions ainsi pu valoriser beaucoup plus de matière organique.

## 8. LES HUMAINS

### Chiffres clés

Consommation en eau :

**2,9 L**

par personne par jour.

Volume occupé :

**45 m<sup>2</sup>**

pour deux personnes.

Coût des intrants (céréales, légumineuses et huiles) :

**1,58 €**

par jour par personne.

Production moyenne d'urine :

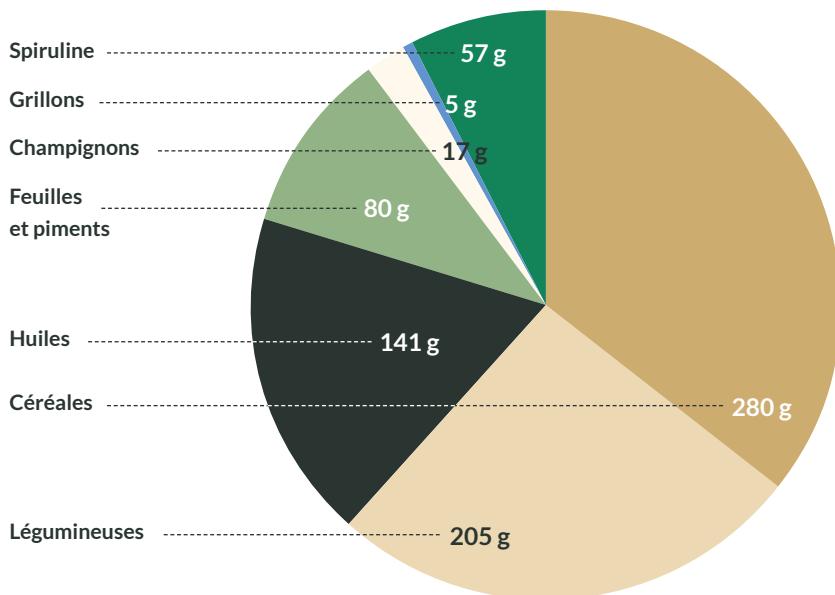
**682 mL**

par personne par jour.

Production moyenne de selles :

**265 g**

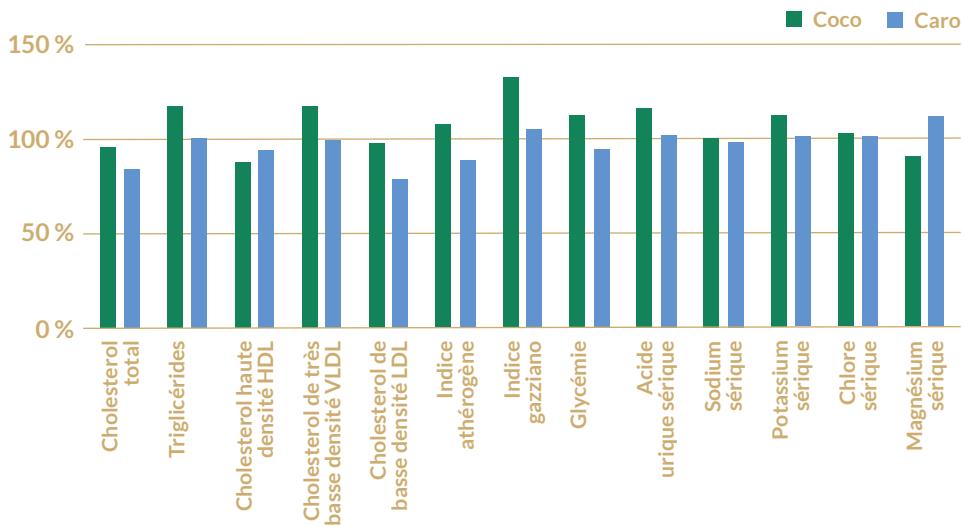
par personne par jour.

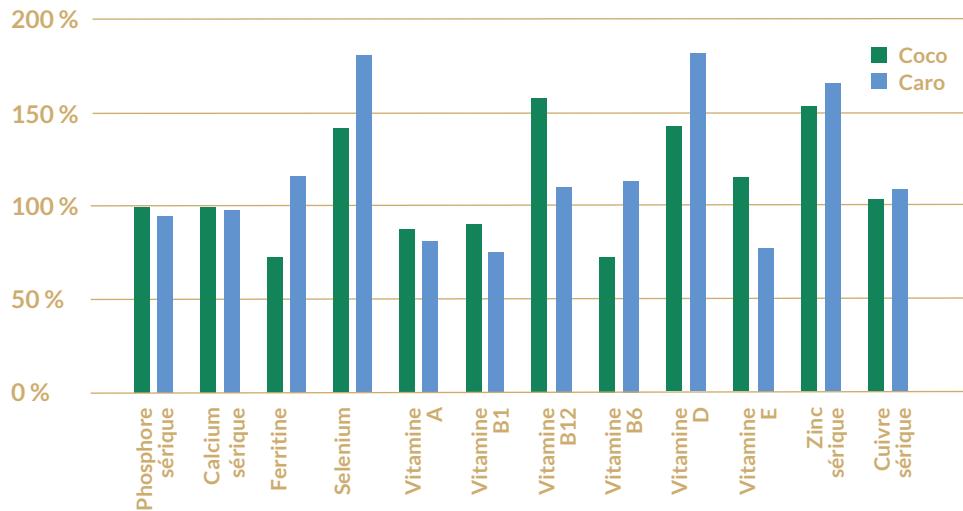


Apports alimentaires pour nos repas en grammes par jour et par personne pendant le dernier mois de l'expérience.



Notre pizza "La Crotale" représente bien le menu quotidien. Elle est faite d'une base type "idlis" (pâte de riz et légumineuses broyés et fermentés, cuite à la vapeur et toastée), garnie d'une sauce mayonnaise à la spiruline, de légumes-feuilles, avec un topping de champignons, grillons ou poudre de pois chiches germés-broyés-déshydratés.





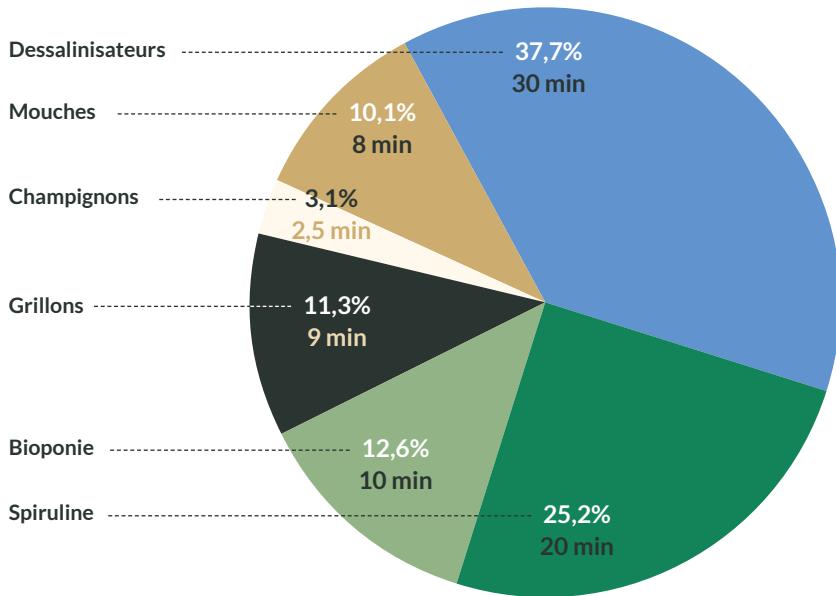
Pourcentage de plusieurs composants de notre sang post-expérience par rapport à la prise de sang pré-expérience.

Le régime alimentaire de la biosphère n'a engendré aucune carence (voir l'annexe pour en savoir plus).



Empreinte carbone de l'alimentation en kg de CO<sub>2</sub> (équivalent) par personne et par an

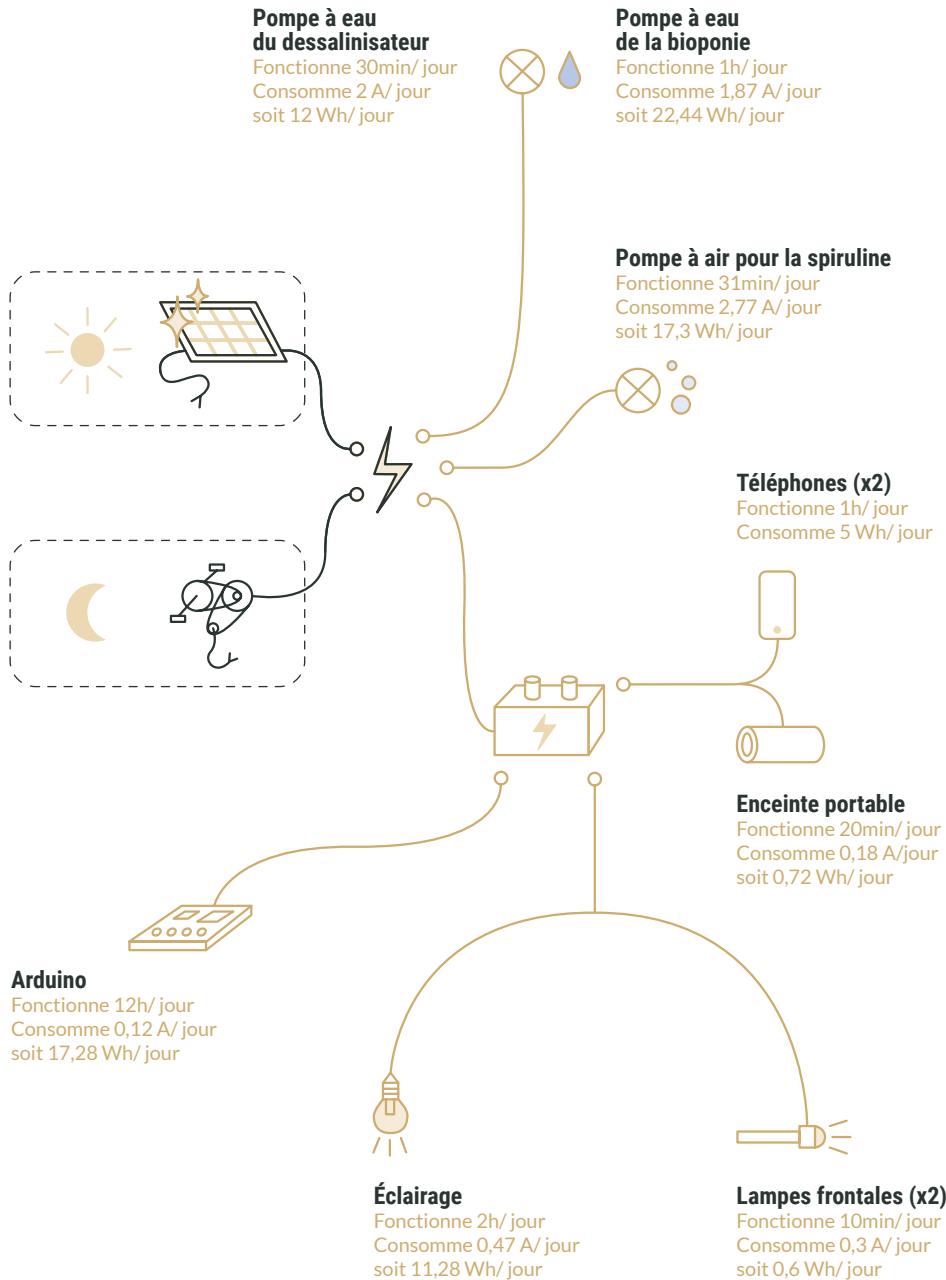
Selon notre étude, l'impact carbone du régime alimentaire de Biosphère est estimé à 663,6 kg CO<sub>2</sub> équivalent par personne et par an. Ce résultat est comparé avec celui d'un régime alimentaire moyen en France (voir l'annexe pour en savoir plus).

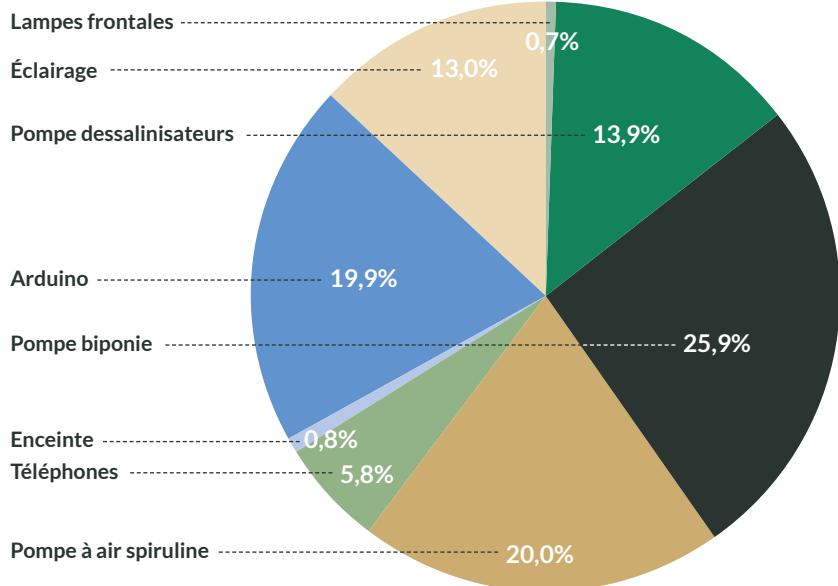


### Temps de maintenance de tout l'écosystème low-tech de la Biosphère

La routine quotidienne de gestion de l'écosystème nous demandait environ 1 heure chaque matin. L'opération de nettoyage des dessaliniseurs était parfois un fastidieuse car il fallait porter les bidons d'eau. Les autres tâches étaient de vrais plaisirs car nous apprécions nous occuper de toutes ces espèces vivantes. Le reste de la journée était composé de temps pour la cuisine, les expériences et mesures scientifiques, les bricolages pour l'amélioration de la Biosphère, ainsi que les loisirs : lire, courir, se promener, étudier l'environnement, discuter. Au fil des semaines, nous nous sommes rodés et adaptés à cet environnement. Notre niveau d'anxiété le reflète bien (voir l'annexe pour en savoir plus).

## 9. L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE





### Consommation énergétique des appareils de la Biosphère

Grâce à l'utilisation directe de l'énergie solaire (cuisson avec la parabole et dessalinisation solaire) nous avions de faibles besoins en électricité. Le système de minuterie arduino a permis une optimisation des flux d'énergie électrique.



Chaque matin avant le lever du soleil nous faisions 30 minutes de fitness (10 minutes de maindelier et 20 minutes de rameur) pour recharger la batterie pour alimenter la pompe d'eau de mer des dessalinisateurs (utilisation pendant 50 minutes). Le petit panneau solaire de 30 Watts alimentait en journée les autres appareils de la biosphère.

**Les +**

- Nous sommes convaincus par le concept de fitness utile, qui non seulement maintient notre forme physique, mais nous permet également de contribuer à nos propres besoins énergétiques quotidiens. Vive la centrale musculaire !

**Les -**

- Des améliorations ergonomiques sont à apporter. La taille du plateau du pédalier n'était pas adapté à l'utilisation en mode vélo. Pour le maindelier il faudrait privilégier d'autres types de pédales. Coté rameur il faudrait ajouter une roue d'inertie car la roue a tendance à s'arrêter entre deux coups. Le mouvement serait alors plus fluide et agréable.

## 10. LA CUISSON SOLAIRE



Notre cuiseur tubulaire sous vide en verre a implosé pendant la phase d'installation (sans doute à cause d'une fissure dans le verre). Malheureusement, le principal inconvénient des tubes solaires est leur incapacité à être réparés une fois endommagés. Nous avons donc opté à la dernière minute pour une parabole solaire, localement distribuée au Mexique. Dès les premiers rayons du matin, nous faisions bouillir 1 litre d'eau pour la tisane de plantes de la bioponie en 30 minutes (10 minutes à midi solaire). Ensuite, nous cuisions à la vapeur notre pâte à pizza pendant 40 minutes. Une fois cuite, nous la grillions 5 à 10 minutes sur la pierrade pour lui donner une texture croustillante. Nous enchainions par la grillade des champignons coupés en lamelles pendant 10 minutes ou les grillons. Une fois le petit déjeuner prêt, nous pouvions cuire à l'eau les légumineuses et/ou céréales trempées la veille pour les repas de la journée (2 heures). Il nous est arrivé de faire de la soupe ou du pop-corn en fin de journée, lorsque le soleil était plus bas.

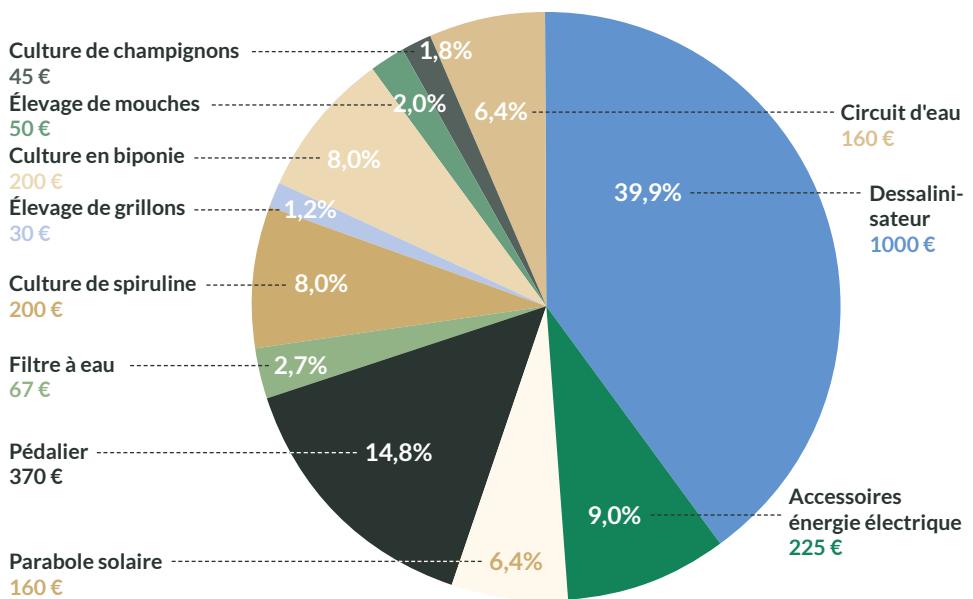
**Les +**

- La parabole solaire s'est avérée polyvalente grâce à plusieurs outils de cuisine : bouilloire, poêle, marmite et pierrade. Pour la pierrade en fonte, la concentration des rayons du soleil à un seul point entraîne une cuisson hétérogène, mais c'était idéal pour la cuisson vapeur.

**Les -**

- La surveillance constante requise : la rotation de la parabole n'étant pas automatisée, nous devions être attentifs et ajuster manuellement son orientation en fonction du soleil.
- La dépendance aux conditions climatiques : la cuisson dépendait fortement de l'ensoleillement et ne fonctionnait pas en cas de couverture nuageuse, contrairement à un tube solaire. En cas d'annonce de mauvais temps grâce aux prévisions météo, nous pouvions anticiper la préparation de conserves pour le lendemain.

## 11. LE COÛT DE LA BIOSPHÈRE



Coût et prix des low-tech de la Biosphère du Désert

L'achat et la fabrication des low-tech de la Biosphère a coûté 2500€. Ce sont les dessalinisateurs qui ont coûté le plus cher. La tente quant à elle a coûté 2000€. Les intrants (céréales, légumineuses et huile principalement) ont coûté 1.58€ par jour et par personne.

## 12. LE COCON TEXTILE



**La toile, cousue en France, est arrivée avec nous en bateau. Les poutres de la structure en bois, sourcées dans une scierie locale, ont pu être réutilisées à la fin de l'expérience pour la construction d'habitations.**

### Les +

- Elle a été montée très rapidement, à 2 avec seulement quelques outils simples, soit 4h pour la structure bois, 1h pour la toile !
- La tente a bien résisté à l'expérience malgré les coups de vent. Les seuls dommages ont été causés par de la moisissure qui s'est propagée pendant le mois de janvier sur la partie horizontale du toit du cocon (cependant, cela n'a pas affecté la résistance du tissu) et des trous de souris et termites dans le sol en toile de jute (recousu régulièrement).

### Les -

- Elle était adaptée aux conditions climatiques des 3 premiers mois de l'expérience, en revanche, avec les fortes températures du mois d'avril, la ventilation était insuffisante. Nous avons rajouté une toile d'ombrage, et il aurait fallu un maillage moins dense pour la toile côté Sud.

## 13. LES VÊTEMENTS



**Notre ensemble de vêtements que nous avons porté tous les jours pendant les 4 mois d'expérience.**

### Les +

- Le lin est robuste. Quelques réparations, mais cela reste acceptable compte tenu de l'utilisation quotidienne intense.
- Les vêtements étaient très aérés et la matière agréable. La ceinture de Corentin s'est révélée très utile pour bricoler. Les chapeaux protègent bien du soleil.
- La poussière, le sable, les taches de rouille, la sueur ou la spiruline se nettoient facilement. Le lavage à la main à l'eau de mer et le séchage au soleil n'ont posé aucun problème, de même pour les culottes menstruelles.

### Les -

- Nous avons eu des coups de soleil derrière les coudes.
- Nous avons dû réparer nos chaussures à maintes reprises en raison du mauvais fil utilisé et de l'usure due au frottement du sol. Même les sandales du commerce de Caroline

se sont abîmées. C'est révélateur de la robustesse nécessaire dans de telles conditions d'utilisation.

- Les premiers mois il faisait froid la nuit. Nous avions des vêtements en laine, mais qui sont chers et fragiles.

## Annexes

**Retrouvez l'étude sur la santé de l'Université de Caen :**

→ en suivant ce lien

**Retrouvez l'étude sur l'empreinte carbone**

**du régime alimentaire Biosphère :**

→ en suivant ce lien



## L'HABITAT-ÉCOSYSTÈME, UNE EXPÉRIENCE INNOVANTE ET PROMETTEUSE

La Biosphère du désert nous invite à une réflexion profonde sur nos façons d'habiter la Terre, nos modes de vie et notre rapport à la vie elle-même. La mise en œuvre d'un mode de vie low-tech dans le désert a démontré une efficacité remarquable à plusieurs égards, notamment en ce qui concerne les ressources :

- L'utilisation drastiquement réduite de l'eau, avec seulement 14 litres par personne comparativement à la moyenne nationale de 150 litres en France.
- La minimisation des intrants alimentaires en termes de coût, d'accessibilité et de quantités.
- Sur le plan matériel, l'adoption de vêtements et d'objets simples, réparables et en quantité réduite.

L'expérimentation de la Biosphère du Désert confirme que ce mode de vie est une solution viable et efficace pour répondre aux défis environnementaux tout en assurant le bien-être des habitants. Cette approche, axée sur une utilisation minimale des ressources entraînant une réduction des déchets, offre une perspective prometteuse pour la création de sociétés durables et résilientes dans les environnements les plus exigeants. De plus le lien avec la nature – éléments et espèces vivantes – que ce mode de vie implique mérite d'être exploré davantage car il souligne l'importance de reconnaître et de respecter le rôle crucial de notre environnement dans nos vies.

Bien que la Biosphère du Désert puisse sembler éloignée des modes de vie urbains, elle revêt une importance cruciale dans notre démarche itérative, tout comme une étape fondamentale d'une expérimentation scientifique. Cette phase prépare le terrain pour la prochaine aventure au cœur même de la ville. Ainsi, chaque étape de notre progression contribue à redéfinir notre relation avec notre planète et à façonner un avenir plus durable et épanouissant.





Biosphère du désert © 2024 by Low-Tech Lab is licensed under Attribution 4.0 International. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Approved for free cultural works.

Rédaction : **Caroline Pultz**

Données journalistiques : **Emma Bousquet-Pasturel**

Données techniques : **Corentin De Chatelperron**

Graphisme et illustrations : **Mathilde Courtès**

Un projet du Low-tech Lab  
soutenu par:



VILLE DE  
BOULOGNE-  
BILLANCOURT

**EXPLORE.**

**arte**

**Schneider Electric Fondation**



Fondation Charles Léopold Mayer  
pour le Progrès de l'Homme

