

On tient le
bambou ?

À d'Artagnan.

Changer de Paradigme

« Changer de paradigme implique un profond bouleversement. Une telle profondeur ne peut être atteinte par une approche purement intellectuelle. Elle doit être accompagnée d'une démarche sensible et corporelle. Il est essentiel de restaurer une relation charnelle avec ces mottes de terre et ces brins de paille qui nous entourent et réapprendre à s'émerveiller devant leur beauté. Au-delà de toute réflexion écologique, sociale, économique ou culturelle, la terre et les fibres végétales, dans leurs expressions matérielles les plus simples et les plus pures, recèlent un potentiel émotionnel extrêmement puissant. »

Extrait du texte « La révolution d'une motte de terre et d'un brin de paille »,
Romain Anger, Directeur scientifique d'amàco,
Professeur associé et chercheur ENSA Lyon
Issu du livre *Terra Fibra*, Dominique Gauzin-Müller & Aurélie Vissac

Introduction

Introduction

Pour le biomiméticien, la Nature est une source de connaissance, il est donc nécessaire de lui porter attention, de l'observer, de tenter de la comprendre et de la protéger. Ainsi, la disparition de la biodiversité est une conséquence décisive pour notre profession, une perte de connaissance brute.

Aujourd'hui, nous dégradons notre foyer, notre savoir nos relations et finalement notre bien-être. En tant qu'humain, cette conscience nous met face à notre propre fin, génère de la crainte et finalement peut nous pousser à agir. C'est à partir de cette énergie que j'ai débuté mon projet autour du bambou. Aujourd'hui, en tant qu'étudiant du Master *Nature Inspired Design*, j'oscille entre deux sentiments : La crainte de voir la Terre trop détériorée par les actions humaines et l'espoir de pouvoir la sauver avec des projets conscients. Les projets en partenariat avec la nature sont souvent complexes. Il m'est arrivé, au cours de ma démarche, de découvrir des biais et donc des impacts jusqu'alors inconnus. Ce phénomène que j'ai compris grâce aux bambous, je cherche à le retranscrire dans mon mémoire. C'était pour moi l'occasion de compiler les connaissances et les écueils que j'ai croisés, de comprendre leurs origines et de les transmettre. J'ai ainsi retracé cette épopée, qui a débuté il y a 3 ans et dans laquelle j'ai beaucoup appris.

Cela m'a notamment permis d'apprécier la relation aux plantes, de m'en occuper et de me rapprocher des écosystèmes pour comprendre leur fonctionnement. Mon but initial était de me servir des plantes pour avoir accès à des ressources facilement et de leur apporter en échanges des éléments nécessaires à leur croissance.

Le bambou est pour moi le support d'une transition écologique personnelle. Il est un appui solide avec lequel j'ai pu réaliser bon nombre de fautes avant de pouvoir commencer à observer plus profondément la Nature. Entre curiosité, envie de transition écologique, mythe contemporain, biais industriel et fantasme solutionniste du matériau, ce mémoire retrace les questionnements, les avancées et la compréhension de la culture du bambou aussi bien par la recherche théorique que la confrontation au réel.

Problématique

Un mythe ancien du bambou

Un mythe indien raconte l'histoire de Sita, la femme du roi Rama qui avait un doigt supplémentaire à une main. Un matin tôt, elle décida de couper ce doigt et l'enterra dans la terre, d'où jaillit le bambou. Un peu plus tard, un cochon est arrivé et commença à faire rogner le chaume de la plante. À travers les trous, les habitants locaux trouvèrent différents grains à l'intérieur de chaque entre noeud du bambou. Et c'est ainsi, selon la légende, que furent découverts le riz et les anciennes céréales sacrées de l'Inde : le millet, le sorgho et l'amarante.

Dans ce récit indien, le bambou est extrait du corps de Sita, l'incarnation divine de Lakshmi, déesse de la splendeur et de la fortune. Cette plante possède un caractère divin qui lui permet donner vie à son tour à des céréales sacrées. Ce texte rappelle les origines géographiques du bambou ainsi que la fascination qu'il cause, au point de générer des mythes. Aujourd'hui encore, des mythes habitent ce végétal.

Introduction

Les mythes sont à l'origine de mon attrait pour le bambou, en voici une sélection :

Le bambou est exotique

Le bambou est une herbe à croissance rapide

Le bambou est plus dur que le chêne ou l'acier

Le bambou lutte contre l'érosion des sols

Le bambou consomme énormément d'eau

Le bambou absorbe du CO₂
et produit de l'oxygène en quantité importante

J'ai donc cherché à me renseigner sur cette plante et ses prouesses. J'ai utilisé la littérature scientifique pour comprendre son fonctionnement et sa biologie, mais aussi l'ombre cachée derrière ces récits. Je l'ai cultivé pour l'observer et me confronter à la réalité de sa nature sauvage. Enfin, j'ai échangé avec des experts en relation avec cette plante (techniciens, botanistes, chefs d'entreprise ou chercheurs) afin de confronter la théorie et mon expérience à petite échelle à celle de spécialistes.

Ce mémoire est pour moi l'occasion de compiler ces 3 axes de recherche. Dans la première partie j'aborde le sujet de la biologie de la plante et son territoire. Je raconte aussi le lancement de ma culture de bambous.

Dans la partie suivante c'est la relation entre l'homme et la plante qui est évoquée : les acteurs et les applications développées par l'humain. Je raconte ensuite l'évolution de mon lieu de culture et son plan de production.

La dernière partie est une synthèse des connaissances acquise sous forme de cartographie. Cette vue macroscopique représente l'écosystème théorique de ma culture de bambou en devenir.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| PARTIE I : LA BIOLOGIE DU BAMBOU | 9 |
| Partie A : Biologie | 11 |
| Partie B : Trait d'histoire de vie | 16 |
| Partie C : La bamboueraie un écosystème | 19 |
| Partie D : Mon bac, mon exploitation, ma culture - 1 | 25 |
| | |
| PARTIE II : LA RELATION HUMAIN BAMBOU | 31 |
| Partie A : La bamboueraie un territoire | 34 |
| Partie B : De quoi est capable le bambou ? | 42 |
| Partie C : Mon bac, mon exploitation, ma culture - 2 | 52 |
| Partie D : Plan de production | 62 |
| | |
| PARTIE III : L'ORGANISATION DU BAC DE BAMBOU | 67 |
| | |
| Conclusion | 73 |

PARTIE 1: LA BIOLOGIE DU BAMBOU

Nous allons voir les différentes parties qui composent le bambou. Les variations anatomiques au sein des 1400 à 1600 espèces sont assez faibles si on les compare à la grande hétérogénéité structurelle des plus de 20 000 espèces de bois¹.

1. Liese, 1998

Le rhizome

Le rhizome est l'organe souterrain du bambou, il est assimilable à une racine horizontale qui peut descendre jusqu'à 60cm de profondeur. Il existe deux types de rhizomes qui ont 2 origines géographiques distinctes. Ces types de rhizomes caractérisent la forme et le comportement du bambou².

2. Kleinhenz, V. et al, 2001

3. Uchimura 1980

Le rhizome leptomorphe, dont l'étymologie signifie de « forme mince », qui est traçant. Il peut ainsi s'étendre sur des centaines de mètres et donner naissance à de nombreuses pousses sur son passage. Ces bambous monopodiaux, dont la croissance est assurée par un bourgeon terminal, proviennent de régions au climat tempéré, dont les hivers sont doux et pluvieux.

Le rhizome pachymorphe, dont l'étymologie signifie de « forme épaisse » qui lui est cespiteux, c'est-à-dire non traçant, il forme alors des touffes de bambous. Ces bambous sympodiaux, dont la croissance est assurée par des bourgeons latéraux, sont originaires de zones avec un climat tropical, marqué par une saison sèche prononcée.

Il existe des formes hybrides de rhizome notamment chez le genre *Chusquea* appelées amphimorphe dont l'étymologie signifie « forme des deux côtés ». Leurs comportements sont donc ambivalents. Le rhizome est annoncé, dans certaines publications, comme un organe de réserve où sont stockés des polysaccharides, comme l'amidon. Cette matière nutritive est utilisée par le bambou pour sa croissance, elle diminue lors de l'ascension des chaumes au printemps³. Il est possible de trouver d'autres sources bibliographiques où le rhizome n'a qu'une fonction de transfert des éléments nutritifs depuis le sol. Le rhizome croit donc pendant l'été et l'automne et prépare ses réserves avant d'entrer en dormance pendant la saison hivernale. La partie aérienne, chaumes et feuilles, est issue des turions. Ce sont de jeunes pousses qui bourgeonnent depuis les rhizomes. Ils sortent de terre entre avril et août avec leur diamètre définitif, proche de celui des rhizomes. Lors de leur croissance, ils sont charpentés par des gaines qui sont issues des nœuds et entourent l'entre-nœud.

Le turion compte, dès son apparition, l'ensemble des nœuds et entre-nœuds que contiendra le chaume mûr. C'est l'espace entre les nœuds qui va augmenter à mesure de la croissance. Quand la jeune pousse devient assez robuste, c'est-à-dire lorsque la lignification de ses cellules est suffisante, les gaines se détachent en découvrant ainsi le chaume et ses nœuds adultes.

Chaumes : nœuds, entre nœuds, la croissance

Les chaumes sont composés de nœuds et d'entre-nœuds. Les entre-nœuds correspondent à la partie élancée et creuse, les cellules y sont orientées verticalement. Les nœuds sont une partie pleine du chaume et sont périodiques. Ils sont visibles depuis l'extérieur par une excroissance et l'organisation cellulaire y est radiale. Ils sont le lieu d'apparition des gaines et des feuilles.

4. Shao et al : <https://www.jstor.org/stable/23616721>

5. Anatomy and Properties of Bamboo W. Liese

6. Kitti Chaowana 1, Supanit Wisadsatorn 2 and Pannipa Chaowana

Cet appendice permet aussi d'augmenter la résistance au cisaillement du bambou^{4&5}. Les deux parties sont principalement composées de cellulose, hémicellulose et lignine.

7. Hankun Wang, Xiaojing An, Wanju Li, Hao Wang and Yan Yu

Un postulat établi définit que dans leurs lieux d'origine, ils ont pour habitude d'affronter des vents violents et la chute de neige. Ce qui favorise l'apparition de ces entre-nœuds. On pourrait donc penser que l'épaisseur et le rythme des diaphragmes varient selon l'exposition du bambou à des conditions climatiques rudes⁶.

8. Fracture properties of bamboo Shigeyasu Amada Sun Untao

9. S. Nahar et M. Hasan, «Effect of Chemical Composition, Anatomy and Cell Wall Structure on Tensile Properties of Bamboo Fiber», Eng. J., vol. 17, no. 1, pp. 61-68, sept. 2012.

Le bambou est un matériau composite naturel, il est constitué à 40% d'une fibre végétale. Ces tissus végétaux de soutien (appelés sclérenchyme) sont rigides et les propriétés mécaniques du bambou sont principalement attribuables à la distribution des fibres dans le chaume⁷.

10. Kleinhenz, 2001

Les fibres sont réparties densément en périphérie et de manière plus éparse dans la région interne du chaume, à proximité du vide. Il a été conclu que la ténacité à la rupture du chaume de bambou dépend de la fraction volumique des fibres⁸.

11. Yu Zixuan 2276-Article Text-3830-1-10-20161109) et moins sensible aux xylophages et imputrescible.

Les résultats de l'analyse chimique de la fibre de bambou ont montré que la fibre de bambou contient une quantité élevée de cellulose⁹. La composition du chaume évolue dans le temps. En vieillissant, il s'enrichit en silice et en lignine¹⁰ tandis que la proportion de cellulose diminue. Il devient ainsi au bout de 4 à 5 ans 30% plus dur que le chêne¹¹.

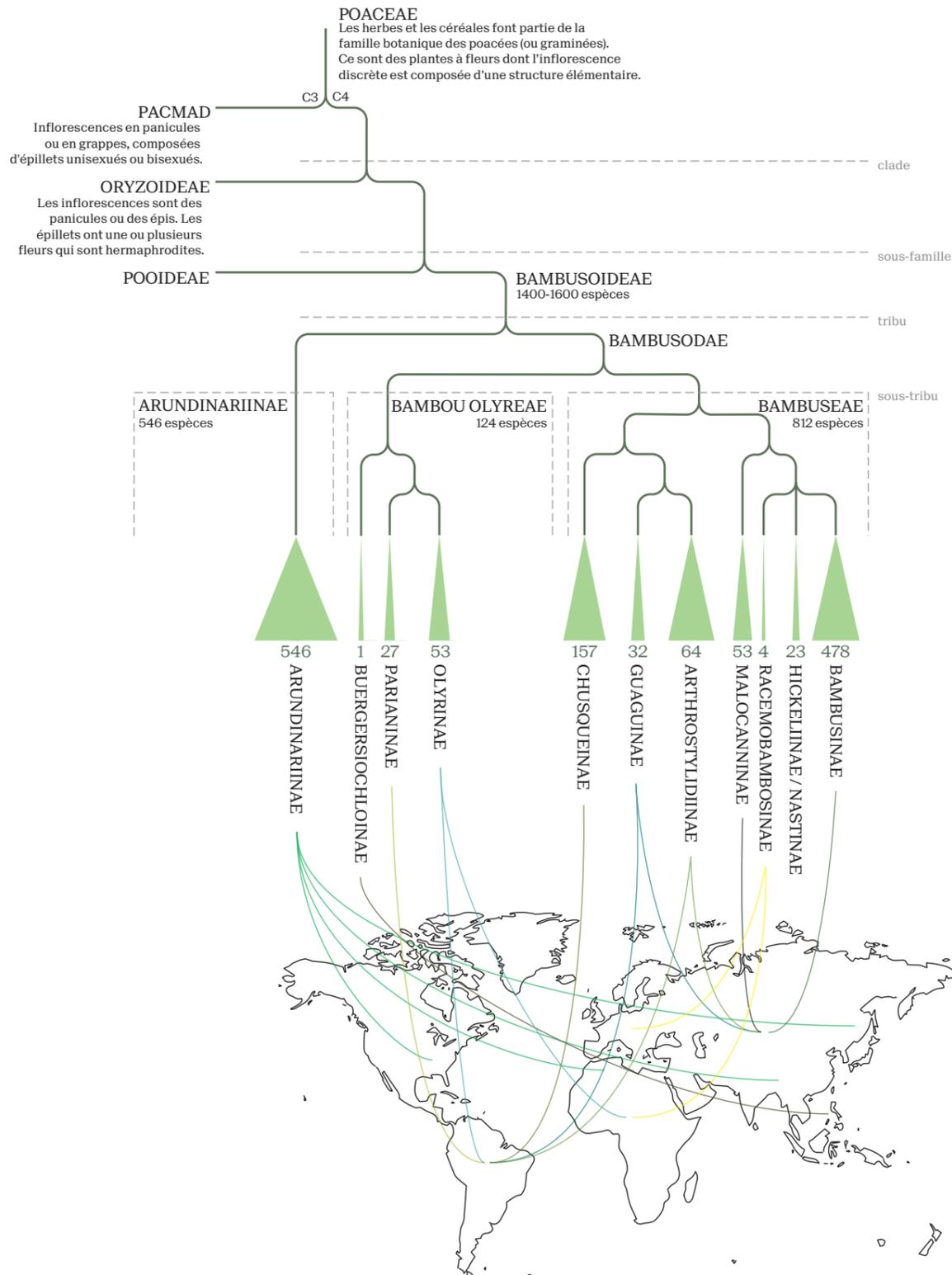


Schéma phyllogénique du bambou

| TRIBU DES ARUNDINARIINAE | TRIBU DES OLYREAE | TRIBU DES BAMBUSEAE | |
|-----------------------------------|--------------------|--|--|
| Acidosasa | Olyrinae | SOUS-TRIBU DES ARTHROSTYLIDIINAE | SOUS-TRIBU DES MELOCANNINAE |
| Arundinaria | Parianinae | Actinocladum | Cephalostachyum |
| Ampelocalamus | Buergersiochloinae | Alvimia | Davidsea |
| Chimonocalamus | | Apoclada | Dendrochloa |
| Drepanostachyum (Himalayacalamus) | | Arthrostylidium | Melocanna |
| Fargesia (Borinda, Yushania) | | Athrostachys | Neohouzeaua |
| Ferrocalamus | | Atractantha | Ochlandra |
| Gaoligongshania | | Aulonemia | Pseudostachyum |
| Gelidocalamus | | (Matudacalamus) | Schizostachyum |
| Indocalamus | | Colantheria | Teinostachyum |
| Oligostachyum | | Elytostachys | |
| Pleioblastus | | Glaziophyton | SOUS-TRIBU DES NASTINAE (HICKELINAE) |
| Pseudosasa | | Merostachys | Decaryochloa |
| Sasa | | Myriocladus | Greslania |
| Thamnocalamus | | Rhipidocladum | Hickelia |
| | | | Hitchcockella (?) |
| | | SOUS-TRIBU DES BAMBUSINAE | Nastus |
| | | Bambusa (Dendrocalamopsis) | Perrierbambus (?) |
| | | Bonia (Monocladus) | |
| | | Dendrocalamus | SOUS-TRIBU DES THAMNOCALAMINAE |
| | | (klemachloa, oreobambos, oxynanthera, sinocalamus et Dendrocalamus giganteus) | Ampelocalamus |
| | | Dinochloa | Borinda |
| | | Gigantochloa | Chimonocalamus |
| | | Holttumochloa | Drepanostachyum |
| | | Kinabaluchloa (Maclurochloa, Soejatmia) | Fargesia |
| | | Klemachloa | Himalayacalamus |
| | | Melocalamus | Sinarundinaria |
| | | Sphaerobambos | Thamnocalamus |
| | | Thyrostachys | Yushania |
| | | | SOUS-TRIBU DES RACEMOBAMBOSINAE |
| | | SOUS-TRIBU DES CHUSQUEINAE | Racemobambos (Neomicrocalamus, Vietnamosasa) |
| | | Cette sous-tribu se rencontre dans zone néotropicale, le plus souvent en haute altitude: | SOUS-TRIBU DES ARUNDINARIINAE |
| | | Chusquea | Chimonobambusa |
| | | Neurolepis | Indosasa |
| | | | Hibanobambusa |
| | | SOUS-TRIBU DES GUADUINAE | Indosasa |
| | | Criciúma | Phyllostachys |
| | | Eremocaulon | Qiongzhueta |
| | | Guadua | Semiarundinaria (Brachystachyum) |
| | | Olmea | Shibataea |
| | | Oatea | Sinobambusa |
| | | | Temburongia |

« La praline est de la silice pure. Le bambou est constitué d'une majorité de silice, cela permet de lignifier le bois. Plus on voit de praline sur les noeuds, plus le bambou est jeune. On peut d'ailleurs voire que la praline moisi avec le temps. Cette praline sert à la croissance du bambou »

Antoine Lyonnet

« Il y a souvent une partie adulte qui est fleurie et une partie juvénile qui ne fleurit pas. La morphologie peut être différente. Il peut y avoir deux types de branches, les branches du bas et celles du haut. Certains bambous se sont adaptés à la prédation et les branches du bas sont dédiées à faire des masses d'épines et les feuilles sont en haut. Quelle est le nom de cette espèce : bambusa blumeana.

Chose curieuse, chez des Guadua, en Amérique latine, qui sont donc pas du tout apparenté, on a retrouvé exactement la même morphologie d'épines. Donc sûrement une adaptation au mammoth laineux ou de gros prédateurs.

Les branches de la base sont pleines. La branche qui est épineuse et qui porte la protection est pleine.

La surface des feuilles est assez variable. est ce que la taille des feuilles est elle même importante ou est-ce l'ensemble des feuilles de la branche? Comment se comporte un bambou qui ne ferait que deux grosses feuilles mais équivalentes aux nombreuses petites ici? Nous réalisons des tests statistiques qui permettent d'identifier si la corrélation est réelle ou non.»

Thomas Haevermans

Feuilles

Les feuilles du bambou sont, comme de nombreux végétaux, le lieu de la photosynthèse. « La feuille de bambou est allongée, avec une extrémité pointue, une base arrondie et une nervure centrale visible. Sa face supérieure est souvent lisse et brillante au soleil, tandis que sa face inférieure est souvent pubescente. » (Paul Whittaker, 2007). La taille des feuilles de bambous varie selon les espèces : « ainsi Indocalamus tessellatus est plus de 2 fois plus petit que le Fargesia angustissima, et ses feuilles sont pourtant plus de 2 fois plus imposantes. »

La répartition des feuilles chez le bambou est optimisée pour maximiser l'exposition au soleil. La répartition des feuilles est hélicoïdale et opposée tout au long du chaume, les tiges sont plus érigées, plus longues et plus épaisses au milieu, mais plus horizontales, plus courtes et plus fines au sommet et à la base de la plante¹². L'écart entre les tiges est plus important dans les hauteurs qu'au milieu afin d'éviter l'auto-ombrage¹³.

Les feuilles du bambou sont persistantes pendant l'hiver, toutefois, selon leur origine géographique et donc la forme de leur rhizome, la durée de vie des feuilles varie. Un autre élément relatif aux feuilles que j'emprunte à Mathieu Gilard de Bambou en France

« À voir la canopée bien verte et persistante du bambou, on pourrait croire que le bambou ne perd pas ses feuilles. Pourtant, quand on regarde par terre au pied des chaumes de bambou, on peut voir une couche de feuilles bien épaisse qui fait office de paillage. Cela est dû au fait que tous les chaumes de bambou au sein d'un même peuplement ne perdent pas leurs feuilles en même temps, et que les feuilles qui tombent sont remplacées simultanément par d'autres feuilles. »

Il y a donc chez le bambou un rapport aux autres individus. Une considération de la répartition de l'espace. Est-ce une forme de conscience? Cela reste un grand mot pour un végétal, mais certains comportements de cette graminée restent encore mystérieux et notamment sa floraison. Ces éléments font partie des traits d'histoire de vie de la plante et c'est ce que nous allons voir maintenant.

12. Watanabe dans Numata 1979

13. Bell 1991, Cornelissen 1993, Fisher 1986, Givnish & Vermeij 1976

La croissance du bambou

La croissance du bambou est mythique, c'est un des nombreux attrait de cette graminée. Il est important de noter que le développement du chaume se déroule en une traite : une fois la fin de saison survenue, celui-ci ne grandira plus et débutera une phase de lignification pour quelques années. Le bambou possède la croissance la plus rapide du règne végétal¹⁴ plus de 100cm/jour¹⁵. Mais cette croissance a un prix pour lui-même. Selon Walter Liesse dans *Bamboo, the plant and its uses* :

« Une corrélation semble exister entre : la mortalité des chaumes, la densité de répartition des rhizomes et la distance de leurs congénères. L'émergence d'un grand nombre de chaumes sur un faible espace crée des touffes engorgées. Par conséquent, la compétition pour la survie de ces chaumes en développement devient intense. Ils doivent atteindre la canopée pour légitimer leur survie via la photosynthèse. Donc, plus les chaumes sont concentrés, plus ils ont de chance de mourir étouffés. Pour répondre aux exigences d'un taux d'élongation aussi rapide, le rhizome mère doit fournir une quantité de nutriments suffisante aux chaumes en développement. Cette réserve diminue donc pendant la période de croissance des chaumes (Uchimura 1980). Par conséquent, la compétition pour la nourriture entre les chaumes en développement est probable. Il est aussi probable que les besoins alimentaires des espèces ayant des chaumes de plus grande taille soient plus élevés. De plus, la nourriture stockée dans le rhizome n'est probablement pas suffisante pour répondre aux besoins d'élongation de tous les chaumes émergents. Une alimentation inadéquate pourrait être une raison de la mortalité plus élevée dans les pousses en cours d'élongation des espèces de bambou à paroi épaisse. »

Il est intéressant de noter une si forte compétition au sein d'un même individu. Cela rapproche des systèmes colonnaires marins ou bien où se questionne la place de l'individu et la colonie.

La floraison du bambou

La floraison du bambou est un événement plus ou moins rare et surtout un mythe encore obscur. Celui-ci est capable de fleurir simultanément, à travers la planète. Ce phénomène de reproduction sexué est appelé floraison grégaire.

14. Ueda 1960 ; McClure 1966

15. Zhihan Li & al : A Strong, Tough, and Scalable Structural Material from Fast-Growing Bamboo <https://doi.org/10.1002/adma.201906308>

Pour proliférer, le bambou possède deux modes de diffusion. Le premier est asexué par la propagation de ses rhizomes et l'autre est sexué par la floraison. Les bambous herbacés : les Olyreae fleurissent tous les ans. Alors que d'autres comme *Phyllostachys bambusoides* Sieb & Zucc* fleurissent tous les 120 ans¹⁶. La cause de ce type de floraison est encore inexpliquée. Mais la programmation génétique reste toutefois la meilleure piste pour l'expliquer. Cette floraison induit la mort du bambou qui utilise l'ensemble de ses ressources pour produire les graines.

Il est intéressant de noter qu'au sein d'un même genre, les cycles de floraison peuvent varier :

Le genre *Arundinaria* fleurit entre 10 et 60 ans,

Le genre *Bambusa* fleurit entre 30 et 150 ans,

Le genre *Chusquea* fleurit entre 12 et 70 ans,

Ce phénomène de masse peut avoir de graves conséquences pour l'écosystème local. Bien sûr, en menaçant les herbivores locaux qui se nourrissent de ces plantes. Mais aussi en provoquant une explosion démographique de rongeurs. Ces nuisibles se nourrissent de ces graines hautement nutritives, ce qui provoque une explosion de leur démographie. Une fois ce gisement consommé et fort d'une population importante, ils cherchent de nouvelles ressources.

C'est ce qui est arrivé en Birmanie, en 2009, la floraison de 900 000 hectares de *Melocanna baccifera* a produit une quantité colossale de graines et donc de rongeurs (*Ratus Ratus*) qui se sont ensuite attaqués aux cultures irriguées. Le Myanmar dont le riz est la nourriture principale ainsi que l'élément d'exportation le plus important du pays a vu sa production nationale baisser de 2 à 3%. À l'ouest du pays, pendant les périodes de Mautan*, les pertes sont généralement supérieures à 50% et peuvent atteindre 100% dans quelques cas¹⁷. Le terme Mautan en birman désigne ce phénomène : « Mautam » où Mau est le terme pour bambou et -tam signifie une famine murine (du rat). Le phénomène de floraison est si violent pour la population locale qu'il est entré dans la culture.

Il s'agit ici d'un très bon exemple de paradoxe de Jevens ou effet rebond. Il est ici d'ordre naturel, mais dans des cas d'exploitation, ce phénomène est à prendre en considération. En Inde, 45% de la surface est constituée du bambou *Dendrocalamus strictus*. Qu'en est-il pour ce pays dont 40 % de la population souffre de malnutrition ?

16. Cette période reste une estimation basée sur des documents historiques : Lin et al., 2010

17. X: Nyo Me Htwe, Grant R. Singleton, Aye Myint Thwe, and Yee Yee Lwin.

Le *Dendrocalamus strictus* ne suit pas le même système de floraison que *Melocanna baccifera*. Il s'agit d'une floraison sporadique. Pendant 2 ou 3 ans la surface de bambou en fleur augmente progressivement pour aboutir à une floraison de toutes les touffes en l'espace de cinq ans. Les conséquences pour les habitants sont moins intenses. Cet événement est probablement déclenché par des facteurs environnementaux (manque d'eau, froid, etc). Comme pour les bambous nains du genre *Sasa*.

Cette floraison n'entraîne pas la mort de l'individu toutefois, les graines ne sont pas toujours fertiles. Le bambou *Pseudosasa amabilis* a une floraison qui peut s'étaler sur 15 ans. Ce comportement devient difficile à différencier d'une floraison annuelle. Lors d'une floraison grégaire, c'est un chamboulement important pour l'écosystème, un moment de rupture. Dans les régions occidentales, le comportement des chênes est comparable à celui du bambou. La production de glands est très importante et les populations de sangliers augmentent largement.

Le bambou peut aussi entrer en concurrence avec des espèces végétales issues d'un autre ordre comme celui décrit dans la publication Rob Peters¹⁸. « L'étude a analysé les modes de régénération de Hêtre (*Fagus crenata*) dans une forêt où le sous-étage ainsi que les trouées de la canopée sont dominés par des bambous nains. Le bambou est connu pour sa floraison synchrone et sa mort consécutive une fois tous les 50-100 ans (selon les espèces impliquées : *Yushania niitakayamensis*, *Sasa kurilensis*, *Sinarundinaria chungii* et autres ; cités dans la publication de Numata, 1970). Au cours des 50 dernières années, moins de hêtres ont atteint une hauteur supérieure à celle du bambou (2 m) et donc moins de hêtres ont atteint la canopée de la forêt. Donc la dominance du hêtre diminue au profit de la dominance du bambou au niveau inférieur. Il est suggéré que la floraison et le flétrissement synchrones du bambou ont favorisé l'établissement du hêtre et ont permis une vague de croissance des hêtres dans la canopée forestière.

La prédominance du bambou nain dans le sous-étage fait que le hêtre présente un modèle de régénération et d'évolution en dents de scie. Cependant, la présence de la forêt de hêtres montre qu'un événement rare peut suffire à maintenir une compétition au sein de la forêt¹⁹. »

18. Tohru Nakashizuka and Tatsuhiko Ohkubo, 1992

19. Source : Regeneration and development in beech-dwarf bamboo forest in Japan

Aujourd'hui, le bambou s'étend entre 46° de latitude nord et 47° de latitude sud. Plusieurs articles de particuliers affirment que le bambou « n'est pas originaire d'Europe ni de l'Antarctique ». Cela m'a toujours posé une question éthique, car son introduction dans un écosystème d'où il est étranger peut avoir des conséquences néfastes. Toutefois, après plusieurs recherches et notamment le visionnage d'une vidéo de l'émission « C'est pas sorcier » sur le bambou, j'apprends que celui-ci était présent en Europe avant la précédente ère glaciaire. Je suis alors parti en quête d'éléments justifiant sa présence et j'ai découvert la publication de paléobotanique attestant la présence du bambou en Europe et plus précisément en Pologne²⁰. Il y est expliqué que des feuilles et du pollen de bambou datant du Miocène ont été retrouvés fossilisés. Ils ont donc entre 23 et 5 millions d'années. Ils appartenaient au genre *Graminidites bambusoides*, qui a aujourd'hui disparu il y a 2,5 millions d'années probablement à cause de l'ère glaciaire.

Sa présence dans des temps géologiques a changé mon questionnement. N'était-ce pas légitime pour le bambou que de revenir en Europe ? Les questions de territoires se bousculaient alors. À quoi ressemblait l'écosystème à l'époque ? Comment évoluait-il à l'intérieur ? Il est précisé dans l'article que cette espèce aurait pu pousser dans les forêts marécageuses et/ou les marais de roseaux. Ainsi une cohabitation semblait possible avec le roseau. Sa présence dans des lieux marécageux pousse vers un besoin en eau notable. L'habitat européen semblait lui convenir, mais comment était-il arrivé là-bas ?

La consommation d'eau

Comme toute autre plante, le bambou a besoin de trois éléments fondamentaux pour survivre. Le sol, le soleil et l'eau. Il est souvent dit que le bambou consomme beaucoup d'eau. Ce mythe est vrai²¹, bien qu'il puisse être noyé par un excès d'eau et que sa consommation dépende de son espèce. La surface d'échange que représentent les feuilles et leur perméabilité font partie des éléments d'influence : le mécanisme d'évapotranspiration. L'exposition au soleil et l'accès à l'eau sont aussi des facteurs importants. C'est peut-être la faible profondeur des rhizomes dans la terre qui ne permet pas au bambou d'accéder à des réserves importantes en eau ? Si les bambous n'ont pas suffisamment d'eau, certaines espèces enroulent leurs feuilles.

20. Elybieta Worobiec, Grzegorz Worobiec 2004

21. Tingting Mei & al 2020

Peut-être est-ce pour limiter la transpiration ? Dans l'article de Tingting Mei²², il est décrit qu'au cours de la formation du chaume, la quantité d'eau consommée décroît. Comme démontré dans l'expérience suivante tirée de la publication :

soient A0, A1, A2 et A3, quatre catégories d'âges de chaumes allant de nouvellement germés jusqu'à des chaumes âgés de 3 ans.

Lors du renouvellement des feuilles, les chaumes les plus anciens : A3 maintiennent une consommation d'eau constante et inférieure aux chaumes plus jeunes. Les chaumes un peu moins jeunes A2 ont consommé plus d'eau que A3, bien qu'ils n'aient pas renouvelé leurs feuilles, mais moins que A0 et A1. À la fin du mois de juin, l'utilisation d'eau des quatre catégories d'âge s'est classée dans l'ordre suivant : A0 > A1 > A2 > A3. La conclusion de l'étude atteste d'une réduction des pertes en eau à mesure que le chaume vieillit. Est-ce à rapprocher de sa structure comme vu dans la partie 1 ?

Avec leur système de rhizomes souterrains connectés, le peuplement de bambou semble équilibrer sa consommation d'eau entre les chaumes d'âges différents. Ainsi, la consommation d'eau des chaumes fraîchement germés pendant leur période de développement est offerte par leurs aïeux¹.

Cet article de Volker Kleinhenz & David Midmore recommande de fournir une quantité d'eau de 2000 mm.m-2 dans les pays subtropicaux suivant la saison ce qui inclut précipitations et irrigation. En France, il est recommandé d'arroser à une hauteur de 1000mm.m-2. Ainsi en comparant aux cartes de météo France, il est possible de comprendre quelle région hébergerait au mieux les bamboueraies.

Quel sol pour les bambous

Les bambous nécessitent un sol humide, donc riche en eau, pour subvenir à leurs besoins. Il doit tout de même être bien drainé pour éviter l'asphyxie. Un sol se caractérise par son rapport en argile/Limon/sable. Pour des bambous, la quantité d'argile doit donc être plutôt faible pour limiter l'hydromorphie (saturation des sols en eau). Si de l'eau est retenue, le bambou peut être asphyxié et ses rhizomes peuvent commencer à se décomposer. Le sable et le limon doivent être plutôt élevés. Le limon représente la matière organique, c'est-à-dire les éléments nutritifs pour les plantes. Le sable permet de séparer les agglomérats argileux.

22. Tingting Mei & al 2020

Il est vrai que les premières années, pour s'installer et atteindre sa maturité, le bambou consomme beaucoup d'eau. Tout en étant capable, une fois qu'il est bien installé, de résister à des périodes de sécheresse. Donc il peut perdre du feuillage, le feuillage jaunit et finit par se régénérer.

Simon Cruzet

La crue a duré 1 journée, l'eau est montée rapidement et repartie tout aussi rapidement. Ça a plutôt été un bien fait pour les bambous parce que cela a amené une couche des limon, donc de terre très fertile. Ça a vraiment été bénéfique. Le limon est. La meilleure terre arable que l'on puisse avoir.

Simon Cruzet

Un bon équilibre de ces 3 éléments forme des complexes argilo-humiques, qui sont bénéfiques pour la faune et la flore microbienne du sol. Les échanges ioniques y sont facilités.

D'après les proportions précédentes ci-dessus : plus riches en sable et limon. Le pH du sol devrait être légèrement acide.

Quelle épaisseur de territoire

Les bambous ont besoin d'une profondeur de terre entre 40 et 70cm pour y déployer leur système de rhizome. 23. Qiu et al. (1992)

Le bambou *Phyllostachys* possède 90% de la masse biologique de ses rhizomes dans les 60 premiers centimètres du sol²³. Le bambou capte alors seulement les éléments disponibles en surface. Ses rhizomes peu profonds expliquent-ils sa dépendance en eau ? Existe-t-il un lien de proportionnalité entre les deux pour un même sol ?

Le bambou colonise d'autres territoires

Un autre mythe du bambou est sa capacité à coloniser du territoire, il est capable de combattre l'érosion de terrain, mais ce combat ne génère-t-il pas des dommages collatéraux ? 24. GT IBMA. 2017.

Le *Bambusa vulgaris* a été introduit dans certains Départements et Territoires d'Outre-Mer Français au 18^e siècle. Dans les années 1960, l'espèce a été largement plantée, mais cette espèce est aujourd'hui répertoriée comme une espèce exotique envahissante en Guadeloupe. 25. UICN France et Onema.

Les racines du bambou sont traçantes et s'immiscent sous les routes. Les chaumes ploient au-dessus des routes, ce qui les maintient humides. Ils réduisent la visibilité et augmentent le risque d'accident²⁴. Base d'information sur les invasions biologiques en milieux aquatiques. Groupe de travail national Invasions biologiques en milieux aquatiques²⁵. 26. Blundell et al., 2003

En Martinique comme en Guadeloupe, l'espèce développe des peuplements monospécifiques étendus qui entrent en compétition avec la végétation indigène pour l'accès à la lumière et aux ressources²⁶. L'espèce envahit également les habitats écologiques spécifiques²⁷. Il perturbe également le processus de succession dans les zones perturbées, les forêts secondaires et les forêts côtières et riveraines²⁸. 27. Okutomi et al., 1996
28. Blundell et al., 2003

Il est intéressant de mettre en perspective cet article, relayé par Mathieu de bambou en France, un agronome très actif sur le bambou que j'ai eu l'occasion d'interviewer et dont les recherches m'ont grandement aidé.

Une capacité de contrôle de l'érosion grâce aux rhizomes : « Les peuplements de bambou ont un vaste réseau de rhizomes, en particulier les bambous traçants. Cette caractéristique permet aux peuplements de bambou d'avoir une grande capacité de contrôle de l'érosion, de conservation des sols et de l'eau, de prévention des glissements de terrain, et de protection des berges. Également, une étude scientifique a montré que l'indice anti-érosion (c'est-à-dire la capacité du sol à ne pas se dissoudre dans l'eau qui s'écoule) dans les 40 premiers centimètres du sol dans un peuplement de bambous était de 1,05, ce qui est supérieur à celui d'une forêt de : *Robinia pseudoacacia* (0,98) *Metasequoia glyptroboides* (0,52) *Populus deltoides* (0,38) (Song et al., 2011) »

Ces éléments nous poussent à observer les bambouseraies : leur comportement ainsi que l'écosystème qui y est hébergé. Le bambou est-il une solution pour lutter contre l'érosion ? À quel prix, celui de la biodiversité ? L'homme est responsable de son introduction dans les îles. Mais comment s'est fait le suivi ? Ce même problème s'est retrouvé aussi au Japon avec le genre *Phyllostachys*²⁹.

29. Ecology and Evolution - 2017 - Takano - Detecting latitudinal and altitudinal expansion of invasive bamboo *Phyllostachys* Impact écologique bambou

Partie D : Mon bac, mon exploitation, ma culture - 1



Je suis à la fois gêné et amusé de ce titre.

Il m'est venu assez naturellement lors de l'écriture de mon plan de mémoire, j'avais prévu de le modifier. Finalement, il me questionne et retranscrit avec humour mon positionnement. Pour résumer : je « cultive » une surface de 25 m² de bambous en Normandie sur le terrain de ma tante et mon oncle. Et, en ce qui concerne le titre, « mon bac », celui-ci est en bois, contrairement à l'archétype en plastique présent dans l'imaginaire collectif. Ce bac est d'une taille hybride, au regard des autres cultures de cette espèce.

Le mot exploitation me met mal à l'aise pour son sens contemporain, car il signifie que j'exploite. C'est-à-dire comme définit dans le Dictionnaire historique de la langue française d'Alain Rey : « À la fin du XVIIIe s., *exploiter* prend une valeur abstraite (v 1778, Rousseau) « utiliser d'une manière avantageuse, amener à « produire les meilleurs résultats » (en parlant d'un talent, d'une idée, etc.), d'où la péjoration contenue dans le sens transitif de « se servir (de qqn) en n'ayant en vue que le profit, sans considération des moyens » (1810) et, spécialement, « abuser des ouvriers » (1840, Proudhon), largement diffusé par les théories marxistes et soutenu par le dérivé exploitation. ».

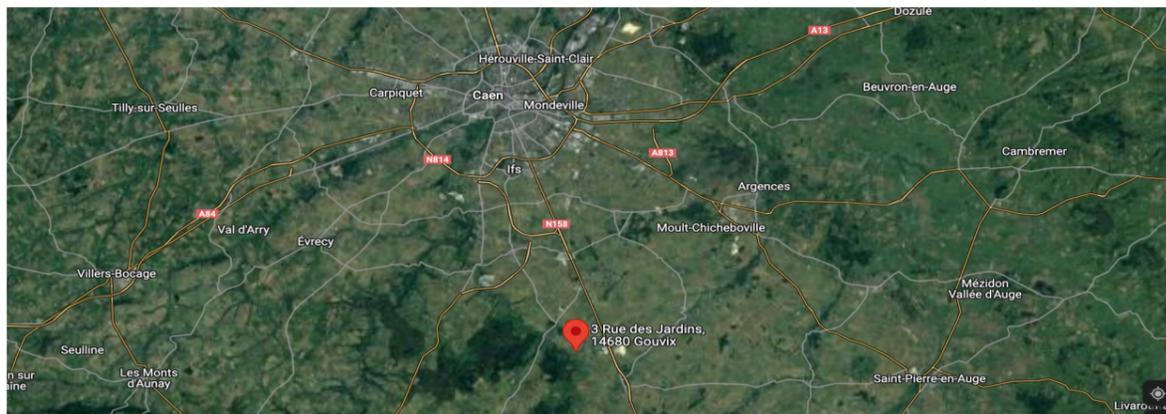
Et je n'aime pas l'idée de « me servir de », car je refuse que cela soit au détriment de quelqu'un ou quelque chose (je l'associe à l'opportunisme et à l'abus). Pourtant, la nature elle aussi est opportuniste, mais à l'inverse, et heureusement pour moi, elle fonctionne en boucle. Je m'interroge : le profit peut-il donc être le bien commun ? Comme la conséquence du travail de chacun ?

Revenons à nos bambous et à ce titre : pour 25 m², peut-on vraiment parler « d'exploitation » au sens au sens de 1776 : « le bien exploité, le lieu où se fait sa mise en valeur ». Car la capacité de production de mon bac et donc la valeur produite reste tout de même assez humble, pour ne pas dire faible.

Et qu'est-ce que j'exploite ? Est-ce que j'exploite les bambous ? Est-ce que j'exploite la terre que contient le bac ? Est-ce que j'exploite le lieu ? Dans tous les cas, je remercie toutes ces entités pour leur travail.

Le 3e terme : ma culture. Lorsque je pense à « culture », je pense aussi au sens figuré « action d'éduquer l'esprit, de vénérer », ou de la définition ethnologique et anthropologique plus contemporaine : « ensemble des formes acquises de comportement dans les sociétés humaines ». Cette définition me fait comprendre que ce n'est ni dans mon éducation familiale ni universitaire que j'ai reçue une « culture de la plante ».

Mon passé de chimiste : une des industries les plus polluantes au monde et celui de designer industriel : alimenter la machine productiviste, m'ont plutôt appris la purification du processus pour un produit fini plutôt qu'un développement épanoui du système.



Pourquoi avoir choisi les bambous ? Leur vitesse de croissance. J'ai été séduit par la possibilité d'avoir rapidement des ressources à travailler, à mettre en forme pour créer avec de la matière et satisfaire mes ambitions de designer. Et pourquoi ne pas acheter directement du bois ou du bambou ? Parce que je voulais connaître l'ensemble du processus de production et observer leur croissance rapide. D'autant que, déporter une partie du travail sur la mise en place de la culture me permettait de faire rejoindre mon activité de designer à celle du scientifique. De plus, mon bambou est, et sera, directement produit chez moi, sans transport et dans des conditions qui respectent la vie.

Nous sommes donc en Normandie, plus précisément à Gouvix, en 2020. J'ai choisi ce lieu pour réaliser mon expérimentation pour 2 raisons : la première : c'est parce qu'il pleut souvent en Normandie. Ce qui pouvait presque suffire à une autonomie en eau. La deuxième raison est qu'à cette époque, je vivais à Paris. L'accès à la Normandie est faisable en train. En vue de l'installation, j'ai installé un composteur afin de recycler l'ensemble des déchets organiques de la maison et ceux issus de la taille et de la tonte du jardin. En 1 an j'ai pu remplir le composteur, c'est-à-dire à peu près 700L de matière organique riche.

Pour le lancement de ma production de bambou, en février 2021 j'ai commandé à la bambouseraie d'Anduze 10 plants de bambous géants : 5 Phyllostachys Henonis et 5 Phyllostachys Boryana pour un cout total de 238€. J'avais pris confiance en l'expertise de la pépinière de la bamboueraie après avoir échangé avec eux pour choisir les espèces selon mes critères : Bambous géants, croissance rapide, 1 espèce au chaume vert et un autre plus graphique, comestibles si possible.

Ils ont ainsi traversé la France en camion avant d'arriver début mars à Gouvix. Ces deux espèces ont un besoin d'exposition entre plein soleil et mi-ombre. Ainsi, j'observais les lieux susceptibles de répondre à ces contraintes et, devant la grange qui me sert d'atelier c'était parfait : ils seront exposés presque toute la journée au soleil, excepté entre 13h et 15h, un grand noisetier à proximité ferait de l'ombre et en plus, j'aurais un accès très rapide au matériel entreposé dans la grange. Aux vues de la taille du bac et de l'espèce, ces bambous atteindront les 15 mètres de haut. La protection du noisetier sera alors caduque. J'étais prêt à faire cette concession, car je n'avais pas beaucoup d'autres alternatives et je pensais qu'une fois adultes, mes bambous n'auraient plus besoin de protection (sauf que les bambous réalisent leur croissance en 1 saison : première erreur) et puis c'était la Normandie, le soleil n'est pas si fort pour moi qui aie grandi dans le sud de la France et eux qui sont originaires du sud de la Chine.

Ces plants ont traversé la France en camion avant d'arriver début mars à Gouvix. Ces deux espèces ont besoin d'une exposition entre plein soleil et mi-ombre. J'ai donc observé les lieux susceptibles de répondre à ces contraintes. J'ai trouvé devant la grange qui me sert d'atelier un lieu parfait : ils seront exposés au soleil presque toute la journée, sauf entre 13h et 15h où un grand noisetier à proximité fait de l'ombre.

Cela sera aussi pratique, car j'aurais un accès très rapide au matériel entreposé dans la grange. Aux vues de la taille du bac et des espèces choisies, ces bambous devraient atteindre 15 mètres de hauteur. Une fois cette dimension atteinte, l'ombre du noisetier ne sera plus effective, mais je n'avais pas beaucoup d'autres alternatives et j'étais prêt à faire la concession. Je pensé qu'une fois adultes, mes bambous n'auraient plus besoin de protection puisqu'en Normandie le soleil n'est pas aussi intense qu'en Chine d'où ils sont originaires. Par la suite je me suis rendu compte que c'était peut-être une erreur, car les bambous réalisent leur croissance sur 1 saison. Ainsi ils atteindraient leur taille maximale encore jeunes et exposés au soleil.

Nous avons construit un bac hors sol, car je craignais que la prolifération des bambous ne saccage le jardin. Il était possible d'installer des barrières anti-rhizome, mais celles-ci ne sont pas totalement fiables. Détail intéressant que j'ai appris à la bamboueraie : il est préférable d'incliner de 15° les barrières anti-rhizome pour aiguiller le rhizome vers l'air. Dans le cas contraire, celui-ci peut parfois fendre la barrière s'il arrive perpendiculairement.

Il fallait un sol drainant pour les bambous, car leurs rhizomes craignent l'eau, sous peine de les asphyxier. Pour cela, j'ai choisi de mettre des palettes en dessous, créant une zone tampon. Elles permettent le drain et l'isolation du jardin. Ma tante a beaucoup de connaissances dans le village, elle a réussi à me fournir gratuitement des palettes en nombre ainsi qu'une bonne quantité de planches de bois.

Une fois ces éléments collectés : bambous, bois, palettes, engrais naturels (corne de bœuf et compost), il ne manquait que la terre et un peu de fumier. Pour ce dernier, je suis entré en contact avec un jeune éleveur de vaches du village qui était en transition pour que son agriculture devienne labellisée biologique. Il m'a fourni une demi-tonne de fumier tout frais que nous sommes allés chercher en brouette en plusieurs aller-retour, la voiture étant inenvisageable. Je lui ai expliqué ce que nous entreprenions, la construction du bac, les bambous et le remplissage.

En ce qui concerne la terre, elle a été prélevée directement dans le jardin où se trouvait une belle motte, assez haute, née de l'accumulation des arrachages de l'ancien jardinier. Cette typologie de sol promettait de la terre de bonne qualité. Tous les éléments ont été réunis peu de temps avant le coup d'envoi. La première étape a été d'aplanir le terrain. Cela nous prit une journée et demie. Nous avons ensuite aligné les palettes pour les relier avec les planches de bois, vernies au pinceau. Pendant l'installation, nous avons changé nos plans de construction, car j'ai finalement choisi d'installer dans un coin du bac une cuve d'occasion de 1000L. Elle sera reliée à la gouttière de la grange. Nous avons donc réduit le bac d'environ 3 m².

Une fois la structure établie, nous avons installé du géotextile afin que la terre de remplissage ne passe pas entre les aspérités des palettes. Le coût du matériel a été de 180€ pour la bâche et 100 € pour la cuve. Nous sommes arrivés à la fin du 4e jour le sourire aux lèvres, mais toujours pressés par le temps. À l'aube du 5e jour, nous avons entamé le remplissage du bac : 25m² de surface multipliée par 70cm de hauteur, soit 17,5m³ en terre de jardin.

Après avoir débarrassé les mauvaises herbes présentes à la surface de la motte de terre, nous avons découvert que le jardinier avait un penchant pour les sucreries à la vue du nombre d'emballages dans la terre. Pendant nos pelletées, nous cherchions à extraire un maximum des corps étrangers semés par le jardinier dans notre terre. Je compris grâce à cette étape la responsabilité qu'avaient les premiers de conserver une terre propre et fertile pour les suivants. Je comprenais aussi que ce qui n'était pas traité en amont devrait l'être en aval. Le travail méticuleux que demande le tri des produits non recyclables de la terre pourrait être compensé par l'éducation. J'aurais avec plaisir dressé un inventaire des éléments récupérés à cette occasion, mais le temps ne jouait pas en notre faveur et tout ce qui devait finir dans une poubelle y alla. Le premier jour fut donc une suite ininterrompue d'aller-retour sur les 100m en pente douce séparant le bac de la motte.

Après quelques brouettes remplies et vidées à la pelle (par-dessus les 1m10 de la structure), nous avons rapidement changé de méthode pour les soulever et les déverser dans le bac. À la fin du 5e jour, après 10h de travail difficile, nous avons atteint seulement 1/10e de la hauteur nécessaire. Il nous restait 3 jours pour tout remplir. L'inquiétude commençait à naître, renforcée le jour suivant par l'arrivée de la fameuse pluie normande.

Pourtant bien équipés, nous n'avons pas été protégés très longtemps. Au bout d'une heure nous étions trempés par l'extérieur qui nous tombait dessus et l'intérieur qui s'échappait de nous. Nous avons passé une longue journée, atteignant à peine 17 cm de profondeur de terre. Cela nous mit d'accord sur un point : il était impossible d'atteindre la hauteur initialement prévue de 70cm en 3 jours.

À 30/40 cm de haut, il fallait mettre le fumier et enfin tout recouvrir avec le reste de terre et le compost. Afin de gagner un peu de temps, j'ai demandé donc à mon cousin d'aller chercher du terreau en voiture afin d'être certains de planter les bambous avant la fin du séjour. Ils ne pourraient pas rester à l'étroit dans leur pot et finiraient par mourir si nous ne les insérions pas. Il fallait y arriver ! C'est ainsi que le remplissage du bac a continué, atteignant misérablement les 28cm de haut à la fin du 6e jour. Nous avons pourtant ajouté les 800 litres de terreau avec l'aide de mon cousin et ma cousine qui s'étaient joint à l'effort collectif toute la journée. À la fin de la journée, je réduisais mes ambitions de 60cm pour finalement accepter 50cm. La météo du 8e jour était plus clémente, et nous avons continué à remplir ce satané bac à l'épreuve de la fatigue et des courbatures. Dans la matinée, nous avons réparti la corne de bœuf en granulés, puis à nouveau de la terre. Enfin, c'était le tour du compost, d'encore un peu de terre, et de fumier.

C'est là qu'il est arrivé ! Le jeune éleveur avec son tractopelle Kiloutou ! Mon père, d'habitude plutôt discret a crié « Oh putain il est là ! » en levant sa pelle. En une quinzaine de minutes, le pilote de l'engin a déplacé à vue d'œil 10 tonnes de terre, raclant la motte jusqu'à son dernier grain et même plus encore, jusqu'à mettre à nu les racines du pin situé après. À ce moment-là, nous étions en train de bénir sa venue, tous, avec un grand sourire aux lèvres. Pendant sa dernière tracto-pelletée, il m'a dit de sa fenêtre : « ça fait quand même 2 tonnes 5 par pelle » ainsi je le voyais vider toute cette terre dans le

bac si facilement. J'ai compris à ce moment pourquoi les agriculteurs s'équipaient de machines aussi puissantes. Quand il est reparti, nous étions heureux et nous nous sommes empressés de répartir la terre déversée en tas !

Dans l'euphorie et la précipitation, nous avons oublié le fumier, nous avons alors vidé la bâche remplie des 500kg d'excréments de bovin dans un coin du bac, ce qui s'est révélé être une erreur par la suite. S'en est suivi une répartition globale de tous ces éléments avec brassage, directement dans le bac. À midi, nous avons dépassé les 55cm, quel plaisir, mais c'était l'occasion de revenir aux ambitions d'origine. Dans l'après-midi nous avons remis quelques brouettes de terre pour atteindre les 60cm. Après avoir creusé des trous suffisamment profonds, nous avons alors déposé les bambous, selon leur espèce d'un côté ou de l'autre du bac.

La dernière étape a été le paillage ! Nous avons alors arrosé abondamment l'ensemble pour assurer une bonne transplantation. Je voulais donner un nom à chaque plant de bambou. Chaque personne présente et mes proches, ont donc pu choisir un patronyme pour créer un lien avec ces végétaux et augmenter la symbolique de leur arrivée en Normandie.

Mon père a nommé le premier D'Artagnan, mais nous avons découvert quelques mois après le décès de ce plant (certainement brûlé au contact du fumier frais). Il aurait d'ailleurs fallu attendre 6 mois avant d'épandre ce fumier, car il contient généralement une concentration importante de toxines qui ont besoin d'être dégradées à l'air. Jusqu'à aujourd'hui, tous les autres bambous vont bien. Nous avons réussi malgré le rythme soutenu à planter tous les bambous à temps.

Cette épreuve m'a appris que la terre c'est lourd. Lourd de travail, de sens, de temps, de ressource et d'énergie. La richesse de la vie. Et, finalement, ces jours passés à travailler la terre, simplement en l'organisant, la déplaçant pour le bien être de petits bambous, me questionne sur un point : est-ce que ce ne sont pas eux qui nous ont exploités ? La séduction fait partie de la Nature.

Partie II: La relation bambou - humain

Introduction

De l'artisanat à l'industrie, de la Chine à l'Équateur, de la poutre au teeshirt, le bambou répond à nos besoins depuis des millénaires. Aujourd'hui l'industrie l'a inséré dans ses engrenages. Comment produisons-nous le bambou ? Que devient-il et où ? Comment l'industrie intègre-t-elle le bois du pauvre ? Où est le green washing ? Ces éléments seront discutés dans cette partie.

30. A Yankee on the Yangtze, William Edgar Geil, 1904.

« Le bambou est l'or vert de l'homme pauvre : une personne peut s'asseoir dans une maison en bambou sous un toit en bambou, sur une chaise en bambou à une table faite du même bambou, un chapeau de bambou sur la tête et chaussé de sandales de bambou. En même temps, il peut tenir d'une main une assiette de bambou, et de l'autre des baguettes de bambou qui servent à manger des pousses de bambou. Après avoir consommé son déjeuner, cuisiné sur un foyer alimenté par la combustion de bambous, il peut essuyer la table avec un chiffon propre en fibres de bambou, tout en se rafraîchissant à l'aide d'un éventail en bambou, faire la sieste dans un lit sur un matelas et un oreiller, tous faits en bambou. À son réveil, il peut fumer dans une pipe en bambou et écrire avec un stylo de bambou sur du papier de bambou, puis porter au journal ses articles dans des paniers en bambou tenus avec une perche en bambou, protégés par une ombrelle en bambou. Il pourrait ensuite franchir un pont suspendu construit exclusivement en bambou, boire de l'eau potable à partir d'une canalisation en bambou et s'essuyer le visage avec un mouchoir obtenu avec des fibres de bambou³⁰. »

Sur le Yangtze, le plus long fleuve chinois, qui borde les états producteurs de bambou. William Edgar Geil, relate, au début du siècle dernier, comment le bambou participait à la vie quotidienne des Chinois. Aujourd'hui, avec l'évolution technologique et l'intérêt pour les matériaux biosourcés, le bambou a conquis de nouveaux champs d'application.

Dans cette partie nous allons nous intéresser au rapport qu'entretient l'homme avec le bambou. Comment cultive-t-il le bambou ? Quelle économie cela engendre-t-il ? Comment sont organisées les institutions qui travaillent avec cette plante ? Comment l'outil industriel accapare-t-il cette ressource et comment le transforme-t-elle ? Et enfin pour quelles applications ?

Partie A : La bamboueraie, un territoire

Une bamboueraie

La mer de Bambou, Shunan Bambooo Forest, est la plus ancienne et la plus vaste étendue de bambous de Chine. Elle est située à proximité de la ville de Yibin, dans le Sichuan et s'étend sur 120 km² dont plus de 500 collines. Elle oscille entre 600 et 1000 mètres d'altitude. Cet écosystème naturel héberge 78 espèces différentes de bambous. Une partie est aujourd'hui exploitée pour la production de matériaux de construction ou d'usages quotidiens. C'est aussi un lieu de tourisme, avec une histoire importante pour la population chinoise, car des temples bouddhistes y sont installés. C'est aussi un lieu riche en nature et faible en pollution dans un pays où elle étouffe la population de nombreuses villes.

Un des mythes de la forêt de bambou est sa capacité à se développer. Il serait possible qu'elle augmente 10% par an en termes de surface. Je n'ai pas trouvé de publications scientifiques qui justifiaient une telle propriété.

Les bamboueraies créées par l'humain

La bamboueraie d'Anduze est la plus grande de France et j'ai eu l'occasion de m'y rendre plusieurs fois, je la prendrais donc comme exemple. Dans cette bamboueraie ornementale, j'ai eu l'occasion d'échanger avec plusieurs administrateurs et intervenants :
Antoine Lyonnet, Directeur des collections.
Rodolphe Bourdin, Directeur technique.
Francis Hallé, Botaniste (lors de sa conférence sur les forêts)
Simon Crouzet, responsable de la pépinière.

Installée depuis 160 ans dans le Gard sur une superficie de 34 hectares, elle compte plus de 180 espèces de bambous. Son sol limoneux et humide est une aubaine pour les bambous. Le dépôt de limon est issu de la crue du Gardon d'Anduze, une rivière dont le niveau d'eau est passé de 50cm à 5,5m en 1958. Cet événement fournit encore aujourd'hui les ressources à de nombreuses plantes.

Aujourd'hui, le bambou a le vent en poupe. Sa culture à des fins commerciales se fait entendre jusque chez le grand public. Un article publié dans le parisien titre : Agriculture : ils cherchent des terres en Île-de-France pour se lancer dans la culture du bambou.

Deux jeunes issus d'une formation en agriculture : Hilaire Roucou et Théo Bonelle ont été accompagnés par Hectar, « Le plus grand campus agricole du monde » fondé par Xavier Niel.

Je n'ai malheureusement pas eu de réponse de leur part pour une interview, toutefois, je souhaiterais savoir ce qu'il est advenu de leur ambition. Était-ce une réelle ambition de ces deux entrepreneurs agronomes ou un coup médiatique lancé par cet incubateur et pilote de projets agricoles ?

Une société fait beaucoup parler d'elle dans le milieu du bambou : OnlyMoso. Elle « éco-investi » dans le bambou et pose la formule suivante : « Planter du bambou c'est participer à la restauration de l'environnement. ». Cela s'inscrit dans les mythes de restauration de la nature que peut porter le bambou. Cette société offre un service clé en main : ils fournissent le plan d'action, facilitent les démarches à entreprendre et préparent les graines à planter. L'espèce qu'ils préconisent est le *Phyllostachys edulis*. Ce bambou est l'espèce la plus importante économiquement dans son pays d'origine la Chine.

Lors d'un échange avec un prestataire de la société OnlyMoso, j'ai appris cette information « en débutant la culture à partir de graines, la plante ne fleurira pas avant d'avoir effectué l'ensemble de son cycle de vie ». Ils évitent donc ainsi les floraisons grégaires synchrones. J'ai confronté cette affirmation à l'expertise de Simon Crouzet qui m'a rétorqué « *Le Moso n'est pas adapté, c'est un bambou qui est difficile à cultiver. Il a besoin de conditions de sol et climatiques bien appropriées ce qui n'est pas le cas en Europe. Je ne crois pas en leur projet.* »

Dans un interview partagé avec un acteur de la filière bois et un acteur de la filière bambou, j'ai abordé le sujet de la société OnlyMoso. Il m'a été répondu « *Ce sont des opportunistes qui font miroiter des revenus* », « *Je n'ai pas été du tout convaincu par la démarche ni par la compétence* ». De mon côté, je n'ai pas suffisamment d'information pour me faire un avis sur cette société. Mais elle pratique et promeut la monoculture. Ce schéma de culture est en partie responsable de la perte de la biodiversité.

Avec tout ce que promet le bambou, il est logique que plusieurs sociétés s'intéressent à sa culture. OnlyMoso, a déjà implanté une cinquantaine de projets à travers la France.

Voici la présentation de OnlyMoso et les raisons qui les poussent à planter du bambou :

« Nous avons combiné la recherche et la technologie en agriculture pour offrir de nouvelles opportunités d'affaires aux agriculteurs et aux investisseurs qui souhaitent diversifier leurs cultures et améliorer la rentabilité de leurs terres. Dans nos pépinières, nous avons sélectionné la meilleure qualité de bambou géant (*Phyllostachys edulis*) adaptée à nos climats tempérés. Choisir OnlyMoso® signifie obtenir des résultats fiables et de grande qualité. Planter du bambou c'est participer à la restauration de l'environnement. Grâce à ses caractéristiques, il s'adapte aux sols "difficiles" et sa croissance rapide garantit un retour sur investissement qui l'est tout autant. Nous assistons nos clients dans la culture et l'entretien des plantations par le biais de nos consultants spécialisés. Nous réalisons et garantissons toute une chaîne de distribution pour le bambou OnlyMoso made in France. »

À partir des considérations que la CBI a faites en termes de marché, les prix indicatifs (à l'achat, pour le producteur) peuvent être raisonnablement estimés à 2 €/kg pour les pousses et 12 €/canne pour les chaumes ; en associant ces valeurs à la productivité d'un hectare, on atteint une marge de 20 000 € à 30 000 €/ha chaque année ! Tout cela avec un coût de gestion minimal pour l'irrigation et la fertilisation, qui lorsque la bamboueraie est adulte peut aussi être réduit ou même évité. Le seul coût réel est celui de la récolte, qui peut être estimé, en exagérant volontairement les valeurs, de 10% à 15 % du chiffre d'affaires. »

Qu'est-ce qu'OnlyMoso ? Une société qui choisit d'offrir une opportunité rentable aux agriculteurs en souffrance et en accord avec le bon développement de la planète ? Ou bien est-ce une escroquerie qui choisit de surfer sur une vague profitable sans se soucier des conséquences écologiques ? Surement quelque chose entre les deux.

Nous observons que s'installent des cultures de bambous à grande échelle, appelées plein champ dont le but est la production de valeur, mais est-ce le seul type de culture ? Pour cette seule finalité ? Comme vu dans la première partie, pour des chaumes de gros diamètres, il est nécessaire d'avoir de grande surface d'exploitation afin que les rhizomes puissent se développer.

Les bambous sont plantés à différentes échelles chez le particulier. Le format bosquet de bambous géants s'étale généralement sur plusieurs dizaines de mètres carrés. Il est contraint par des barrières anti-rhizomes.

Ces feuilles de plastique sont installées dans le sol jusqu'à 70cm de profondeur (rappel : profondeur limite pour les rhizomes) et il est conseillé de les incliner de 15° afin que le rhizome soit aiguillé vers la surface. Une autre solution pour éviter la propagation de rhizomes est de creuser une tranchée de 70cm de profondeur.

Le brise vue ou haie est un autre type culture largement répandu. Il sert généralement à délimiter la propriété d'une habitation ou son intimité. Il est, à cause de sa fonction et donc sa position, une cause récurrente de conflits de voisinage, car le bambou finit par s'échapper de son secteur. Pour ce type de culture, les bambous moyens (2m à 8m) à géants (8m et plus) sont utilisés. Un autre format très utilisé est le pot ou la jardinière. Ce dernier est installé sur les terrasses ou balcons comme ornement. À moins d'être souvent changé de pot, la pression des rhizomes finira par briser son contenant. Dans ce cas, ce sont les bambous nains (de 20 cm à 1,50 m) qui sont privilégiés ou des bambous moyens.

Ainsi nous avons vu les différentes formes de culture, de la plus grande à la plus petite. Mais que deviennent ces bambous lorsqu'ils ont d'autres fonctions qu'ornementales ? La production de chaume locale, bien que problématique pour la biodiversité locale, nous permettrait-elle d'éviter des transports à travers la planète ? Nous allons observer l'impact environnemental en tonnes de CO₂ du transport de chaume de bambou à travers la planète.

« Une plantation de Moso bambou dans un endroit approprié, avec un minimum de conduite forestière, comme ça se fait en Chine, si on a le bon terroir, à échelle de 10 ans on peut avoir une forêt de bambou pour l'exploiter industriellement. Il faut encore avoir l'outil industriel pour exploiter cette ressource. Et je ne suis pas sûr que demain une usine implantée à proximité d'une bamboueraie avec les coûts de l'énergie et de la main d'oeuvre en France. Je ne sais pas si le produit restera rentable et ne sera pas déconnecté d'une réalité économique. »

Jean Pascal Costa

L'économie du bambou

Les bambous sont les plantes utiles les plus universellement connues de l'humanité. À l'échelle mondiale, environ 2,5 milliards de personnes dépendent économiquement du bambou et plus d'un milliard vivent dans des maisons de bambou. Le marché mondial en 2019 est d'environ 15 milliards de dollars.

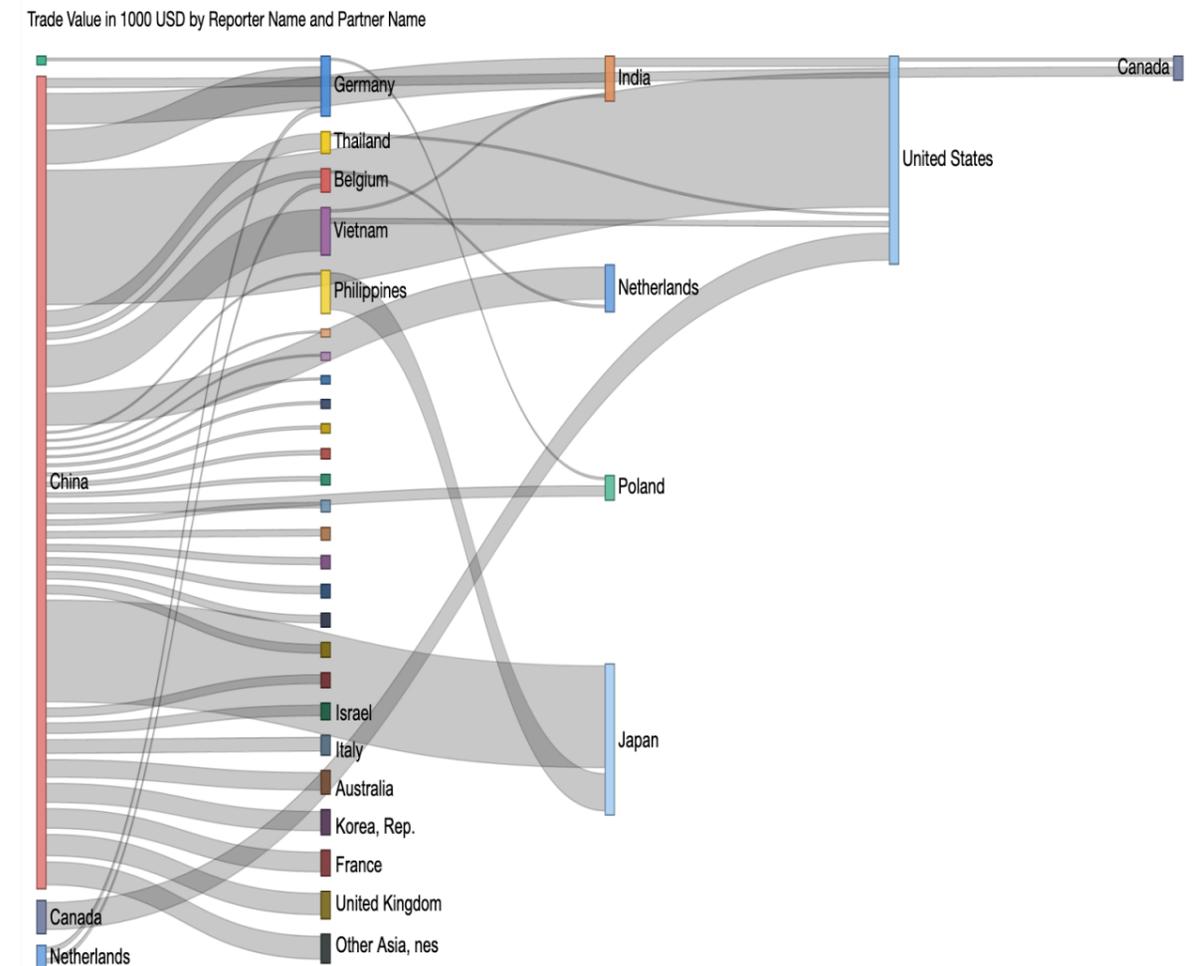
La nation chinoise est aujourd'hui encore le plus gros exportateur de bambous au monde comme le montre ce schéma issu de l'UN Comtrade. Les données commerciales de ce site proviennent de la base de données Chatham House sur le commerce des ressources (CHRTD). La CHRTD est une base de données sur le commerce bilatéral des ressources naturelles entre plus de 200 pays et territoires. La base de données comprend les valeurs monétaires et les masses des échanges de plus de 1 350 types différents de ressources naturelles et de produits de ressources, notamment les produits agricoles, halieutiques et forestiers, les combustibles fossiles, les métaux et autres minéraux, ainsi que les perles et les pierres précieuses. Elle contient les matières premières, les produits intermédiaires et les sous-produits¹. Je vais prendre un exemple de marché qu'il m'a été possible d'observer au sujet des imports et exports de bambou.

Mais tout d'abord, rappelons un mythe : le bambou est un « puit de carbone », il permettrait de stocker 4 à 5 fois plus de dioxyde de carbone qu'une forêt « classique » et libère dans l'atmosphère 35 % de dioxygène en plus. Concernant la fixation du CO₂ par le bambou, l'étude de Nath, A. J. et al (2015) affirme que dans la partie aérienne, le taux moyen de séquestration du carbone est de 160 mg.ha-1.an-1 chez les sympodiaux, (pachimorphes/cespiteux). Et 111 Mg ha-1 an-1 chez les monopodiaux, (leptomorphes/traçantes).

Winjum et al. (1997) ont estimé que le stockage moyen du carbone dans la biomasse aérienne et souterraine des plantations forestières était de 47 Mg ha-1.an-1.

Ce résultat est donc concordant avec le mythe de cette plante puit de carbone. Le bambou peut donc jouer un rôle dans la lutte contre le réchauffement climatique et le dégagement de gaz à effet de serre, le taux d'oxygénation est directement lié à l'absorption du CO₂, il est donc juste aussi. De plus, il est important de préciser que les espèces à croissance rapide comme le bambou sont plus perméables aux changements de teneur en CO₂ et donc s'adapteront mieux dans les cas de transition.

Figure 13 Global trade flow of all exports of bamboo products, 2020



Source: UN Comtrade.

Les flux de matière

Pendant l'année 2019, la Chine a perçu 10 millions de dollars pour la vente aux États-Unis de 11800 tonnes de bambous. Ce transfert a occasionné un dégagement de 1600 tonnes de CO₂.

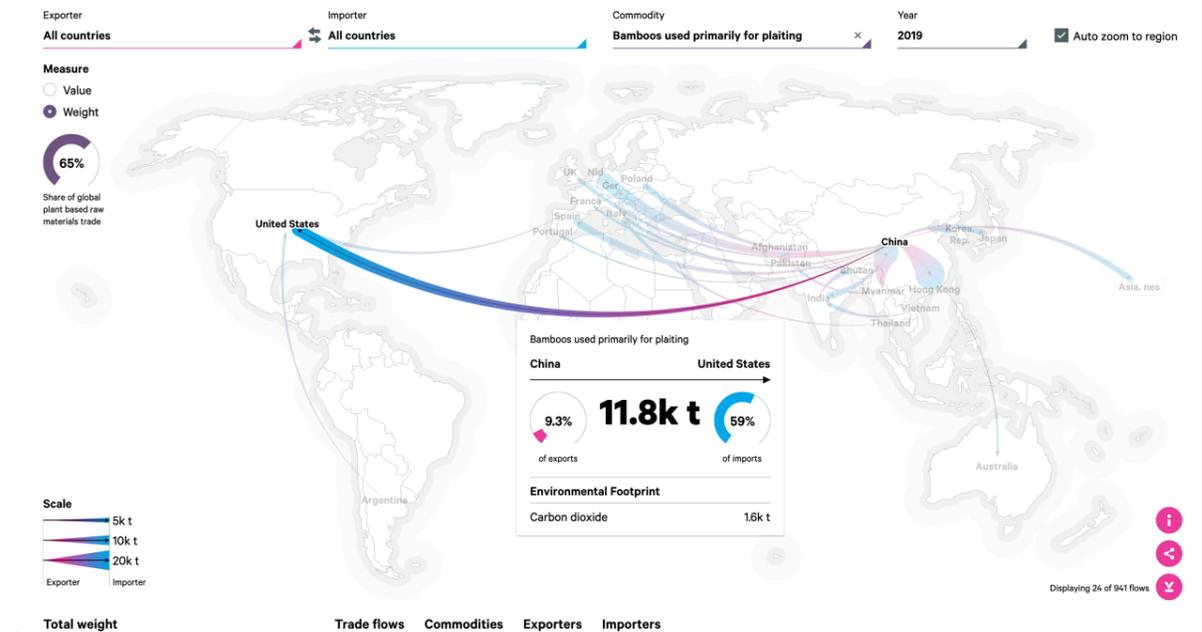
Selon Lei Gu & al, le stockage de carbone chez le bambou est :

On considère que le bambou est composé à 54% de carbone biogène (C). Tout le carbone biogène provient du CO₂ absorbé. Ainsi le rapport 44/12 (masse molaire CO₂)/(Masse molaire C) nous donne la proportion de CO₂ absorbée.

Ainsi dans 1kg de bambou, il y a 0,54kg de carbone biogène et il aura fallu donc $0,54 \times 44/12 = 1,98$ kg de CO₂ pour former 1 kg de bambou. En reprenant notre exemple : pour stocker le CO₂ dégagé, il faudra une production de 1600 tonnes/1,98= 808 tonnes de bambou.

Cette dépense correspond seulement à l'acheminement du bambou depuis la Chine. Il n'intègre pas le transport en Chine ni celui aux États-Unis. Elle ne tient pas compte des procédés ni des traitements. Lorsque le bambou est utilisé dans son pays de culture, il s'affranchit du transport. Dans la démarche Cradle-to-Cradle qui favorise le maintien de la qualité des matières premières tout au long du cycle de vie, il obtient un score de 0,19kg CO₂eq/kg ce qui en fait le matériau de construction le plus durable Pablo Van Der Lugt 2017.

Le phénomène d'engouement mondial autour du bambou est-il responsable de l'importation massive et donc de cette pollution ? Et si on construisait des échafaudages avec ces chaumes pour les gratte-ciel américains ? (Nous éviterions une production d'acier dont l'énergie nécessaire est près de 50 fois supérieure à celle du bambou), est-ce l'application qui légitime la dépense ? Doit-on tout mesurer ? Tout produire localement ?



Quelques acteurs du monde du bambou

Pour mettre en relation les différents acteurs, il existe des institutions à l'échelle mondiale dont deux très actives :

World bamboo Organisation : il s'agit d'une organisation à but non lucratif. Son but est d'améliorer et de promouvoir le bambou, ainsi que l'industrie qui l'entoure. Ils souhaitent faciliter l'échange de connaissances à travers le monde sur les aspects environnementaux, socio-économiques, biologiques et culturels du bambou. Ils sont un relais important de la mise en réseau des praticiens du bambou et organisent tous les 3 à 4 ans un Congrès mondial du Bambou. Ils ont aussi consacré le 18 septembre comme la journée mondiale du bambou. Michel Abadie a été le président «monde» de cette association. Je n'ai malheureusement pas réussi à entrer en contact avec lui.

INBAR : International Bamboo and Rattan Organisation.

L'Organisation internationale du bambou et du rotin est une organisation intergouvernementale qui promeut le développement écologique et durable du bambou et du rotin. Elle compte 48 États membres dont la majorité est répartie dans l'hémisphère sud. Outre le siège de son secrétariat en Chine, l'INBAR dispose de bureaux régionaux au Cameroun, en Équateur, en Éthiopie, au Ghana et en Inde. Pays tous producteurs de bambou. Sur leur site internet sont hébergées des ressources : livres, publications scientifiques et rapports annuels qui ont servi à mon mémoire et notamment la référence « World-Atlas-of-Bamboos-Rattans_compressed-1 ». Ce livre répertorie géographiquement toutes les espèces de bambou.

Les institutions du bambou sont donc principalement tournées vers les pays producteurs. Aujourd'hui, seulement six pays intègrent le bambou dans leurs normes de construction. En Asie : la Chine et l'Inde, en Amérique latine : le Pérou, la Bolivie, l'Équateur, et la Colombie. À l'échelle mondiale, l'INBAR et la WBO ont permis la publication en juin 2021 d'une nouvelle norme sur la conception structurelle en bambou. Il s'agit de l'ISO 22156. Elle s'applique aux bâtiments résidentiels, commerciaux, institutionnels et industriels légers. Elle détaille les exigences en matière de résistance mécanique, de facilité d'entretien et de durabilité. Ce document décrit en détail le processus de connexion et de conception des éléments et indique comment garantir la pérennité de ces ouvrages. Il fournit aux architectes et ingénieurs une base solide pour construire en bambou.

Une autre institution que j'ai pu côtoyer et qui œuvre pour la préservation des plantes et donc du bambou est le Muséum National d'Histoire naturelle (français). J'ai pu y découvrir, grâce à Thomas Haevermans, la richesse de leur herbier. J'y ai compris les échanges qui étaient réalisés entre les différents musées, les relations qui peuvent exister sur le territoire entre les différents acteurs et enfin certaines espèces ou fonctions biologiques. Ce fut un réel plaisir !

Partie B: De quoi est capable le bambou ?

Introduction

Il existe 3 niveaux d'application du bambou :

- Alimentaire : Les pousses de bambou sont un produit très consommé notamment en Asie. En 2016, la Chine a produit 5 millions de tonnes. La qualité nutritive des turions est élevée. Pour un légume, il possède une quantité importante de protéine (2,65%) ainsi que des apports en 17 acides aminés et dont nombreux minéraux : Fer, Magnésium, Calcium et Phosphore. Yuntao Liu & al 2016. La production de jeunes pousses pour la commercialisation alimentaire peut être faite parallèlement à celle de chaumes. Il faut prélever la pousse avant qu'elle n'atteigne 25cm.

- Artisanale : Il s'agit d'une transformation manuelle de la matière brute pour une valeur ajoutée élevée, mais dont les volumes restent faibles. Ces procédés de mise en forme ont une histoire forte et s'opposent à la standardisation des produits de l'industrie.

- Industrielle : Il s'agit de systèmes mécanisés, où le traitement de grands volumes de chaumes et la succession des étapes a permis l'émergence de produits semi-finis ou finis. On peut catégoriser trois niveaux en fonction du degré de transformation et de la valeur ajoutée :

Non transformés

Faiblement transformés

Transformés fortement

Seule la partie industrielle et donc les procédés seront discutés dans cette partie. Il est nécessaire de comprendre ce que représente le bambou pour l'industrie et comment elle cherche à remplacer le bois.

L'artisanat joue un rôle important dans « le monde du bambou ». Il permet de produire une diversité d'objets allant de la flûte à la brosse. Il est impossible de traiter exhaustivement toutes les transformations ou les applications artisanales. Il en existe autant que d'artisans. Le besoin de matière première et les outils utilisés ont un impact environnemental très faible face à l'industrie. De plus, l'artisanat est quant à lui inscrit dans des cycles courts et locaux.

Non transformés

Le bambou possède des propriétés très intéressantes en matière de construction. Il est connu pour être employé comme échafaudage en Asie (là où nous utilisons en Europe de l'acier galvanisé). Il est utilisé comme ossature dans la construction de bâtiments. Traditionnellement, il est aussi possible de fabriquer une maison dont « au Bangladesh, le coût de la matière première est inférieur à celui des clous ». L'INBAR a publié un outil sur la construction de maisons à faible coût. Ces informations visent les communautés pauvres, les organisations gouvernementales et non gouvernementales réparties dans les régions où le bambou est abondant. Il répertorie les recommandations pour le succès de cette construction. Low Cost Bamboo based houses, INBAR.

Un architecte originaire de Colombie s'est spécialisé dans la construction en bambou : Simon Vélez. Il considère ce matériau comme « l'acier végétal ». Il utilise le Guadua bambou, un bambou originaire d'Amérique latine qui peut atteindre les 30m de haut avec un diamètre de 22cm. En effet, ses caractéristiques techniques le comparent à l'acier. Sa résistance à la traction atteint les 560 MPA.cm-2 pour une densité plutôt faible de 600kg.m-3. Comparé à l'acier : 550 MPA.cm-2 avec densité 7850kg.m-3¹.

Simon Vélez évoque dans un interview :

« En Colombie, le bambou est honni, car il est synonyme de pauvreté, déplore-t-il. Même les personnes les plus défavorisées le détestent. Quand ils l'utilisent pour la construction, c'est parce qu'ils n'ont pas le choix ; dès qu'ils ont un peu d'argent, ils se tournent vers le béton. Le monde académique considère également le bambou comme un matériau pauvre pour un pays pauvre. »

Grâce à ses propos, on observe bien un problème idéologique qui a été inculqué aux populations. De notre côté, c'est-à-dire celui des initiateurs de la technologie, c'est l'exotisme qui génère de l'intérêt.

À un moment où il faut limiter les impacts environnementaux, l'innovation s'inspire de l'occident pour produire. Le reste du monde cherche à importer des technologies qui ne s'adaptent pas forcément à leur localisation. Ces importations de matières et de connaissances ont un coût. Cela écrase les connaissances locales ainsi que les activités commerciales. Bien sûr, faire venir de la matière de l'autre bout de la planète est problématique. Ces transports s'ajoutent aux dégâts environnementaux générés par le bâti. Selon l'ONU, il est responsable de 40% des émissions annuelles de gaz à effet de serre. (source : Terra Fibra)

Il existe localement des solutions aux besoins, et si elles n'existent pas, il faut les faire germer. Comment changer le paradigme dans l'esprit de la population ? Comment favoriser des solutions locales ? Comment retrouver cette connaissance qui a précédé l'ère industrielle ?

Faiblement transformés

La première transformation, dont les bénéfices commerciaux aujourd'hui sont en pleine effervescence, est le charbon de bambou. Il faut pour cela récolter des chaumes âgés, donc lignifiés. Ils sont par la suite pyrolysés dans des fours entre 800 et 1200°C. On peut en extraire de l'acide pyroligneux composé à son tour d'acide acétique, méthanol et acétone. Il pourrait être possible de se servir de ce processus dans le cadre de bioraffineries. Le charbon de bambou peut être utilisé pour purifier de l'eau (notamment traitée au chlore), mais offre surtout une énergie calorifique pour la cuisson ou le chauffage.

Le bambou est aujourd'hui utilisé par l'industrie en parallèle de la filière bois.

L'industrie cherche donc des moyens de faire correspondre le comportement du bambou à celui du bois pour en transposer facilement les procédés. On peut donc observer une concurrence entre ces deux filières.

Il existe plusieurs mises en forme selon les procédés industriels :

le panneau de bambou stratifié,

le panneau de bambou compressé,

le panneau de bambou lamellé-collé

le panneau de bambou pressé à partir de particules ou de fibres densifiées

le panneau composite (fibre de bambou et polymères).

« La pénurie actuelle de bois de construction que traverse l'ensemble de la planète, engendrée par une trop forte demande généralisée, fait porter un nouveau regard sur les matériaux dérivés du bambou. Les produits manufacturés tels que les parquets et les poutres en lamellé-collé de bambou ou encore le bambou densifié offrent une alternative au bois. Ces matériaux ont une empreinte carbone négative remarquable : ils séquestrent davantage de CO₂ que les produits aux fonctions similaires, mais composés de bois issus de forêts durablement gérées³². »

LE PROCÉDÉ DE MISE EN FORME DE L'UNIVERSITÉ DE COLOMBIE BRITANNIQUE :

Il m'a été possible de voir une conférence portée par Chunping Dai de l'université de Colombie-Britannique. Ce professeur du département des sciences du bois travaille avec ses étudiants sur un procédé de mise en forme des lamelles de bambou fendu. Le but est de produire un lamellé-collé dont les lamelles sont arquées. Pour ce faire, les parties résultantes de la fente du bambou sont pressées à chaud dans un moule pour homogénéiser la courbure.

Dans un lamellé-collé classique, les arcs de bambous sont rectifiés pour devenir des extrusions de section rectangulaire. Ils sont ensuite assemblés avec un rendement de 30%. Dans ce procédé, la perte est moindre, car le rendement théorique est de 86%. Donc avec une étape supplémentaire, le gain est considérable.

32. Terra Fibra, Dominique Gauzin-Muller & Aurélie Vissac.

Fortement transformés

Les procédés industriels suivants ne traitent pas le bambou comme une ressource, mais comme le contenant d'une molécule d'intérêt. Son attrait spécifique est sa vitesse de croissance qui permet de suivre les rythmes de production industriels.

Une application est la pâte à papier. Le bambou est souvent présenté, par les parties commerciales, comme un choix pertinent pour cette application. Il peut contenir jusqu'à 85% d'holocellulose chez l'espèce *Gigantochloa levis* lorsqu'il est jeune et donc peu lignifié³³.

Toutefois, sa concentration en alpha cellulose (la molécule d'intérêt pour cette application) varie entre 35 et 50%³⁴. Il arrive donc au même niveau d'intérêt que les bois résineux et feuillus et contient toujours moins de cellulose que le lin, l'ortie de Chine ou le coton³⁵.

Donc en définitive, pour la production de pâte à papier, il est proche d'un rendement de 20% à partir de la matière brute, tout comme le bois. Les différentes étapes servent à défaire à extraire et purifier la cellulose. Plusieurs traitements sont nécessaires : broyages et bains chimiques.

Dans ces procédés, l'origine de la cellulose n'importe pas, ils ne sont pas sélectifs, tous les végétaux contenant de la cellulose sont susceptibles d'être utilisés. Seule la molécule de cellulose importe. L'industrie a donc maîtrisé ce procédé par raffinage et standardisation au niveau moléculaire. Le bambou est finalement aussi pertinent qu'un arbre dans cette application, indépendamment de sa croissance rapide. Par une sélection spécifique des chaumes jeunes, il est possible de réduire la quantité de lignine et donc de limiter la consommation d'intrants chimiques.

La VISCOSE

La viscose est un procédé³⁶ qui produit une fibre artificielle, comparable à la soie, à partir de cellulose végétale. Comme pour la pâte à papier, le chaume de bambou est broyé en fractions plus petites et trempé dans une solution de soude pendant plusieurs heures. Le bain est ensuite filtré jusqu'à former une pâte dans laquelle est ajouté du disulfure de carbone (composé très inflammable, toxique et cancérigène) pour gélifier la cellulose, ce dernier intrant est ensuite évaporé. On redissout ensuite la viscose, composée entre 7 et 15% de fibres de bambou, avec de la soude.

33. Nayak et al., 2016.

34. Liese, W., 1987; Hurter, R. W., 1997; Nayak et al., 2016

35. Yueping et al. 2010; Li et al. 2010.

36. (Erdumlu et Ozipek 2008 ; Waite 2009 ; Ogunwusi 2013)

La solution est forcée à travers les buses de la filière dans un bassin d'acide sulfurique. La viscose est alors reconvertie en fibres de bambou cellulosiques qui sont par la suite filées, puis tissées ou tricotées³⁷.

Il est possible de faire un nombre impressionnant d'applications textiles grâce à ce procédé de transformation. Très présent aujourd'hui, il est vendu par les acteurs commerciaux comme une fibre d'origine naturelle. Mais le composé final est-il naturel? Car tout est d'origine naturelle, cette terminologie questionne aussi le degré de transformation que nous pouvons accepter comme naturel.

Certaines étapes de transformation sont en circuit fermé, cela permet-il de considérer cette matière comme écologique? Quel est l'impact sanitaire d'une telle production biologique? Comment mesurer de tels impacts? Certaines fibres comme le Lyocell (pulpe de bois d'eucalyptus) sont issues de forêts gérées durablement, certificat PEFC-FSC demandable par le consommateur.

Aujourd'hui, certaines étapes comme la délignification à la soude pourraient être remplacées par des procédés réalisés par des acteurs naturels : « Il est possible de réaliser une première étape de délignification du bois pour produire de la pâte à papier en utilisant des enzymes produites par certains champignons. Ce prétraitement est encore en cours d'étude et permettrait de limiter la quantité d'énergie ou de produits chimiques polluants nécessaires pour les traitements mécanique ou chimique du bois. Ce prétraitement améliorerait aussi la qualité du papier puisque la lignine serait dégradée spécifiquement avec un effet limité sur la cellulose³⁸.

En termes de capacité de production, les initiateurs stipulent que « chaque unité industrielle BioTfuel® permettrait de produire entre 30 et 100 kt/an de Sustainable Aviation Fuel », et rajoutent que « la consommation de kérosène s'élève à en France 7 Mt/an, en Europe : 60 Mt/an ». Il faudrait donc un nombre important de structures pour répondre à la demande nationale.

Le point positif de ce procédé est que les réactifs n'entrent pas en concurrence avec les ressources à fins alimentaires. Il y a donc valorisation de la part non consommée de la plante et utilisation de la biomasse (résidus agricoles, cultures dédiées).

37. Nayak, L., Mishra, S.P. Prospect of bamboo as a renewable textile fiber, historical overview, labeling, controversies and regulation. *Fash Text* 3, 2 (2016)

38. Husaini et al., 2011

Les services écosystémiques

En plus de stocker du CO2 et combattre l'érosion de sols*, le bambou est capable et employé aujourd'hui pour réaliser de la phytoépuration. La densité de ses rhizomes et les bactéries hébergées permettent de dégrader les éléments polluants. Parce qu'ils se logent dans la partie supérieure du sol (CF partie I) les rhizomes de bambous exposent les effluents à une quantité importante d'oxygène. Dans cette strate se trouve aussi une quantité importante de bactéries susceptibles de dégrader l'épandage. Une fois dégradée, cette matière organique est minéralisée.

La société Bamboo for life développe une solution de bambous phytoépuration. Cette démarche est très intéressante, car elle s'inscrit dans un développement circulaire. Le service de phytoépuration permet de produire une biomasse dont les applications sont nombreuses. J'ai pu m'entretenir avec le PDG qui m'a confié qu'ils utilisaient près de 60 espèces différentes de bambou pour correspondre aux climats dans lesquels ils s'implantent à travers la planète. La phytoépuration ne fait pas disparaître les composés. En filtrant ce que les humains rejettent, les bambous accumulent certains éléments qui ne sont pas transformables par l'appareil végétal et notamment les métaux lourds tels que le plomb et le mercure. Ces éléments sont nocifs pour un nombre important d'êtres vivants. Lors des opérations effectuées sur le bambou, les métaux lourds peuvent être libérés. Comment traiter ces éléments? Existe-t-il une boucle pour ce type de retraitement? Quelles sont les voies de valorisation possible? Comment protéger l'humain et l'environnement de la contamination?

Usage d'une partie du bambou

Les usages que l'on peut faire directement à partir de certaines parties du bambou me paraissent pertinents. Je pense notamment à la gaine du bambou : elle a été identifiée par Samy Rio au cours de ses recherches comme un matériau thermoformable d'intérêt. Ce type d'application se met en marge de l'outil industriel, limite les transformations et les dépenses énergétiques. Il s'agit d'une forme de réemploi, d'organisation circulaire. L'idée serait donc d'enrichir cette gaine, lors de son utilisation, en vue de son nouvel usage. C'est ce que s'est exercé à faire Michael Pawlyn dans ses réseaux trophiques pour appliquer une pensée écosystémique³⁹.

39. Michael Pawlyn
Biomimétique & Architecture

Ce n'est pas le bambou qui consomme la pollution. On développe des mycorhizes dans le système racinaire des bambous. Ces mycorhizes là sont l'habitat idéal de développement des bactéries. Le bambou oxygène les bactéries grâce à ses canaux aérifères et il crée en souterrain un milieu idéal au développement bactérien. Ensuite ces bactéries sont soit amenées naturellement dans les matières fécales ou dans nos effluents soit on apporte des consorsium bactérien. Elle se développe et lorsque l'on met en contact nos eaux usées avec ce milieu bactérien on observe une dégradation, exactement la même que dans les stations d'épuration classiques. A l'inverse de ces stations qui, quand la bactérie finit son travail l'asphyxient et donc la tue, nous la laissons se développer et se reproduire dans le système racinaire. Comme elle a dégradé la matière organique, on se retrouve en présence d'éléments minéraux.

Le deuxième rôle du bambou est de prélever ces minéraux engendrés par les bactéries. Son troisième rôle est de prélever l'eau dans laquelle était dissoute la pollution pour l'évapotranspirer par son feuillage.

On arrive avec notre technologie à 0% de rejet en milieu naturel.

Bernard Benayoun

Partie C : Mon bac, mon exploitation, ma culture - 2

Ma culture de bambou de 25m² a aujourd'hui 14 mois. C'est l'occasion de faire le point sur les événements rencontrés, sur le déroulement du suivi à distance et les pistes d'amélioration. Qu'ai-je retenu du temps et de l'énergie investie ?

Outre la connaissance accumulée sur les bambous avant, pendant et après la plantation de mon bac, une des plus grandes leçons apprises tout au long de ce projet est celle du temps. J'ai choisi les bambous pour leur croissance fulgurante, nous avons construit mon bac sous la contrainte du temps dans le but d'obtenir des résultats rapidement. L'évolution de ce projet, la confrontation au monde végétal ainsi que l'étude au sein du master, lors de cette précédente année, m'ont amené à repenser cette vision productiviste.

Nous verrons en détail les réussites et les erreurs faites lors de l'installation de ma culture de bambou. Nous analyserons notamment la nature de la terre utilisée dans le bac, le compost géré à distance et les conséquences de l'extraction de la terre lors de la construction du bac.

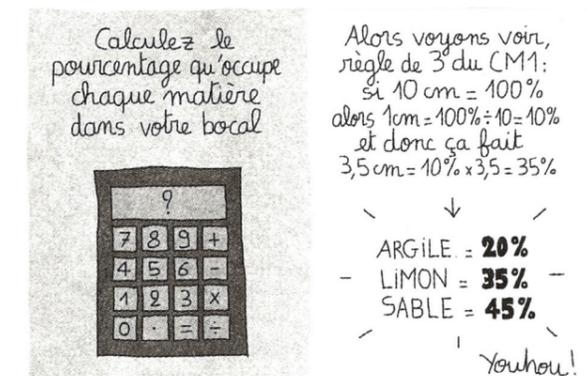
Après une première année de production de bambous, je réfléchis aux utilisations possibles de ces graminées. Le système de mon bac intègre déjà à l'origine plusieurs circuits courts : récupérateur d'eau de pluie et composteur organique. Je m'interroge sur la possibilité d'ajouter un nouveau circuit à cet écosystème : celui de l'urine.

Je me questionne sur les conséquences à plus grandes échelles si une partie importante de la population possédait des bacs semblables ? Quelles seraient les conséquences sociales de l'émancipation des habitants des services publics ? Que ferait-on des infrastructures qui traitent actuellement ces grands flux ? Comment se ferait la transition ? Cela pourrait être l'occasion de rapprocher l'humain de son environnement et de lui faire comprendre l'organisation écosystémique.

Lors de la fabrication du bac, nous avons dépassé les 60cm de hauteur de terre. C'était un paramètre quantitatif important pour l'implantation des bambous. Depuis j'ai pris le temps de m'intéresser à sa qualité.

Le sol de ma tante est très riche en vers de terre : ce qui est signe de qualité. Je l'ai remarqué à plusieurs reprises à différents points de son jardin : à proximité des quelques arbres pommiers, sur le lieu d'excavation, ainsi que sous le paillason de sa maison.

Il existe plusieurs façons de connaître la qualité d'un sol. Un bon indicateur est son équilibre en Argile / Limon / Sable. Moyennant une centaine d'euros, il est possible de réaliser cette analyse en laboratoire. Un autre moyen plus simple est de réaliser «le test du bocal» comme expliqué par Nelly Pons, dans «Débuter son potager en permaculture». Cette méthode utilisée par les jardiniers permet de caractériser la nature d'un sol en fonction des trois composants évoqués précédemment. Il suffit de mélanger activement, dans un bocal, de la terre de son jardin avec de l'eau, puis de laisser décanter 4 jours. Les couches se dessinent ensuite par sédimentation, la masse des grains influe sur leur position. J'ai réalisé ce test avec des provenant de 3 points différents du bac : 1 central et 2 sur les extrémités.



Voici donc les résultats de bas en haut :

Les plus lourds sont situés dans la partie inférieure, il s'agit du sable et des graviers, dont la taille est supérieure à 63microns. La proportion de la couche est d'un tiers.

Vient ensuite le limon, dont les éléments varient entre 2 et 63microns, il représente une fraction de 18% de la terre. Il est composé de minéraux argileux : des débris très fins de quartz, de mica et de feldspath. La dernière couche est de l'argile, c'est la plus conséquente avec une proportion de 49%. Elle se compose d'éléments inférieurs à 2microns (silicates d'Aluminium) et donc décante à une vitesse de chute très faible.

Après s'être reporté à l'outil « triangle textural », en croisant les différentes mesures, on peut voir que cette proportion caractérise les sols argileux. Cette texture n'est pas optimale pour les bambous : il faudrait baisser la quantité d'argile. Comment faire ?

Il faut logiquement apporter du sable et du limon, c'est-à-dire de la silice et de la matière organique. Dans la région caennaise sont installées un nombre important de carrières, je tâcherai d'en trouver une qui extrait ce composé localement. Toutefois, la silice est présente en quantité importante chez les bambous. On peut donc imaginer que la plante en extrait beaucoup de la terre. Dois-je renforcer la concentration en silice de mon bac pour que le sol ne s'appauvrisse pas ? Si mon cycle de production est fermé, cela ne devrait pas influencer, mais que faire si la production est expédiée ? Cela peut-il exercer une influence ou est-ce négligeable ?

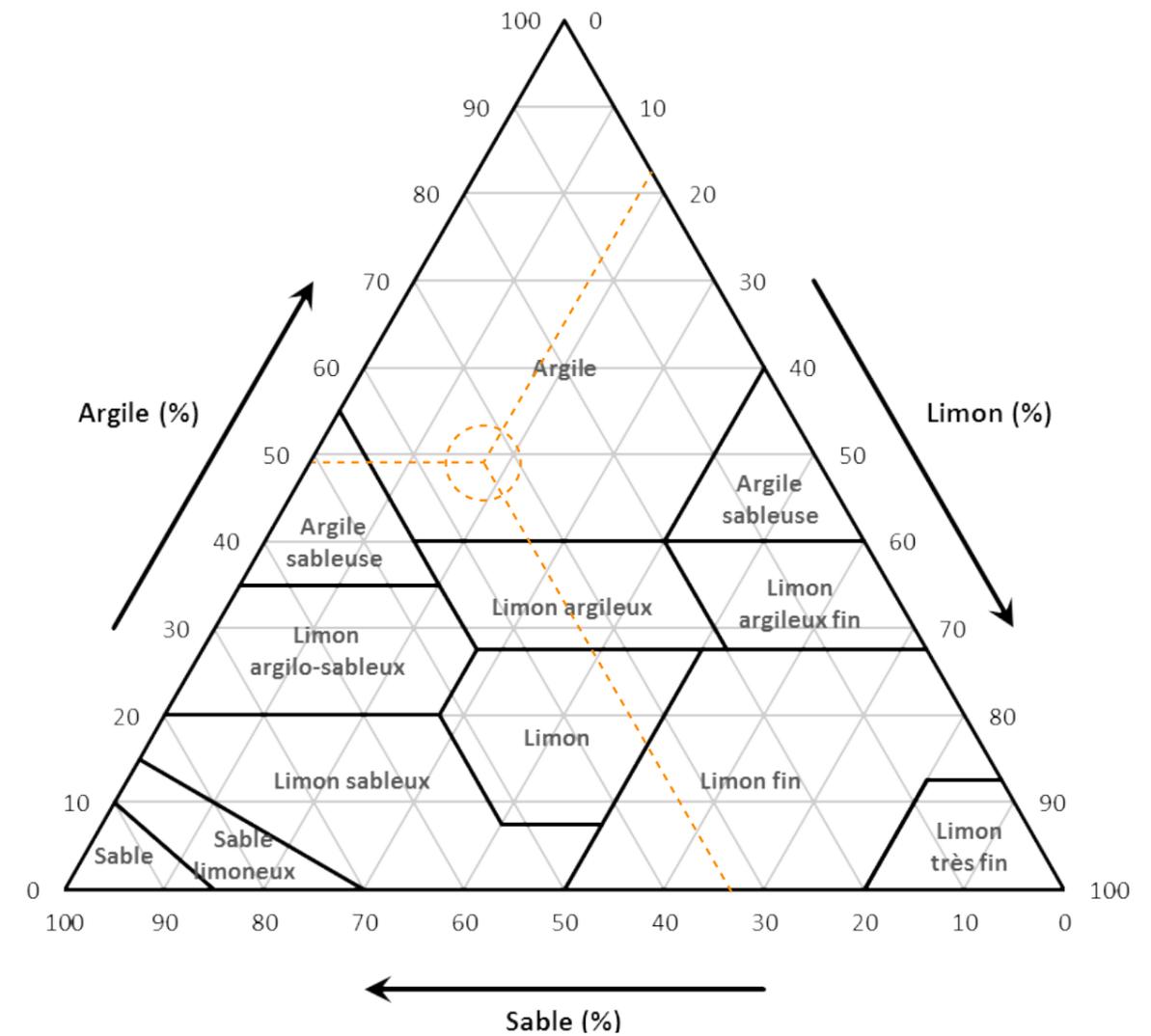
Il existe aussi un autre moyen de connaître un sol : regarder ce qui y pousse naturellement. Ma connaissance sur les plantes étant superficielles, j'ai utilisé l'application PlantNet, un outil de photographie comparative servant à identifier les végétaux. J'ai ainsi déterminé la présence de 11 espèces : la Luzerne d'Arabie, la Bryone dioïque, le lamier blanc & pourpre, l'herbe aux verrues, la dent de lion, la mercuriale, le cerfeuil hirsute et le grand liseron, le rumex à feuilles obtuses et le cerfeuil des bois.

Certaines ont des utilisations spécifiques comme le lamier blanc qui a des vertus thérapeutiques ou le cerfeuil des bois qui est comestible.

En poussant les recherches sur différents indexes de botanique en ligne (notamment Tela Botanica), j'ai pu répertorier ces plantes selon plusieurs critères qui diagnostiquent mon sol : pH du sol, quantité de Matière organique, granulométrie, densité, présence d'azote ou encore symptomatiques d'éléments minéraux bloqués.

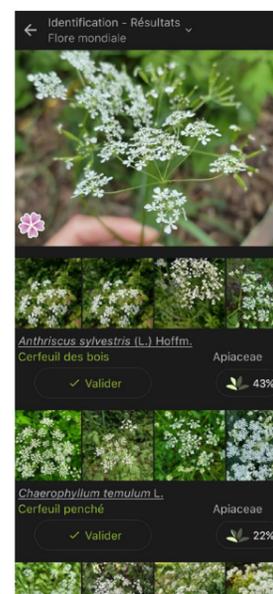
Je peux ainsi conclure que mon sol est composé d'argile, avec un pH basique et riche en azote. Cela se vérifie bien par sa texture physique : dense, molle et compacte. Son aération doit être difficile même avec de nombreux vers de terre.

Il faut souligner le degré d'incertitude de ce test lié à la qualité des photos, l'application (taille de la base de données, correspondance entre les images) et la qualité des informations hébergées sur l'encyclopédie collaborative. Ces informations corroborent néanmoins les résultats du test du bocal.





Cerfeuil des bois



Ce test fut très enrichissant, car il a fait évoluer ma relation avec ces plantes indigènes. Alors que je les percevais comme des envahisseurs, elles sont devenues des alliées que j'ai même conservées sous la forme d'un herbier.

Je me questionne aujourd'hui sur la pertinence de l'arrachage. Peut-être que certaines espèces sont bienfaitrices pour l'écosystème? Ne sont-elles pas chez elles avant moi? Est-il problématique qu'elles occupent une niche écologique restée vacante? Ne suis-je pas responsable du vide de cette niche écologique? Pour les empêcher de se développer, je réfléchis à comment occuper cette niche écologique.

Lors de la plantation des bambous, j'avais choisi deux espèces de hauteur similaires. Il aurait peut-être mieux valu planter des plantes qui évoluent dans des strates différentes: une strate arbustive pour le bambou géant et une strate herbacée pour un bambou nain. La concurrence entre les espèces aurait certainement été moins forte. Mais cela est-il préférable à une organisation avec plus de diversité?

Certaines plantes sont utiles pour d'autres, c'est un des grands principes de la permaculture. Par exemple, les œillets d'inde gardent à distance les nématodes des tomates voisines. La bourrache au contraire attire les insectes utiles. C'est cette organisation symbiotique de l'écosystème que je trouve très pertinente et que je cherche à comprendre.

Grâce à cette expérience, le bambou nain est lui aussi devenu intéressant à mes yeux alors que je le dédaignais. Il n'avait pas d'intérêt pour moi, car je ne lui avais pas identifié de fonctions utiles (ou plutôt je n'avais pas compris le concept de strate). C'est aujourd'hui un format qui m'interpelle et une espèce référencée dans mes « cartes d'intérêt ».

Ces cartes me permettent d'enregistrer les espèces qui ont, à mes yeux, un intérêt particulier. Cet outil comprend actuellement 15 fiches et chaque fiche correspond à une variété de bambous sélectionnée pour la forme ou la couleur de leur chaume, la taille de leur feuille, une fonction particulière: la phytoépuration ou enfin leur place dans l'écosystème.

Nous avons donc identifié le type de sol via la composition de sa terre et de sa flore. Nous allons maintenant nous intéresser aux cycles liés à l'activité humaine avec en premier lieu le compost. Comme nous l'avons vu précédemment, j'avais introduit, lors de la construction du bac, le contenu d'un composteur entier. Mon oncle et ma tante ont continué à l'alimenter et aujourd'hui je suis en mesure d'épandre à nouveau les 700L sur mon bac. L'objectif premier sera d'améliorer la nature de ma terre qui est, comme nous l'avons vu précédemment, trop pauvre en limon pour le bon développement des bambous. L'autre avantage est d'éviter de produire des déchets qui seront entassés dans des décharges en plein air.

À la suite du visionnage de la conférence de Marc André Selosse « Les sols: ces compagnons que nous méconnaissons », j'ai néanmoins questionné ma pratique du compost et dont voici les éléments de réflexion:

Je ne suis pas souvent en Normandie. Et ma tante et mon oncle ont à la responsabilité de remplir le composteur, ce qu'ils font très bien!

Dans le composteur, la matière organique est dégradée par l'action des bactéries. En présence d'oxygène, celles-ci génèrent du CO₂. Cependant, si l'oxygène est absent, ce sont d'autres bactéries qui agissent et génèrent du méthane (CH₄) à partir du CO₂. Elles consomment plus de nitrites (NO₃⁻) et rejettent du protoxyde d'azote (N₂O).

Mon compost n'est probablement pas remué assez fréquemment, il est vraisemblable qu'il dégage une quantité importante de ces gaz néfastes.

L'impact positif que je cherchais à obtenir avec la revalorisation de déchet est donc caduc, voire pire, pour l'environnement. Le N₂O est le 3e gaz à effet de serre présent dans notre atmosphère (5% des émissions), mais son impact est 250 fois plus efficace que le CO₂. Et sa durée de vie est de 120 ans contre 100 ans pour le CO₂. Le méthane (CH₄) quant à lui est 50 fois plus efficace sur l'effet de serre que le CO₂ et sa durée de vie dans l'atmosphère est de 12 ans.

Je n'ai malheureusement pas encore trouvé de solution pour retourner et aérer le compost à distance, mais j'y réfléchis toujours activement.

Toujours à propos du microbiome, j'ai pris connaissance de son organisation à l'intérieur du sol et des conséquences du déplacement de la terre que nous avons occasionné. Claude et Lydia Bourguignon, dans le «Grand Entretien : soigneurs de sols» expliquent la relation qui existe entre les micro-organismes et les plantes.

«Les plantes sont incapables de se nourrir directement dans le sol, car elles ont besoin d'éléments absorbables par les racines c'est-à-dire solubles dans l'eau. Un élément soluble se présente sous forme ionique. Cet état est rendu possible par l'action des microbes qui transforment les éléments minéraux en anions. Par exemple, l'azote est soluble dans l'eau sous la forme de nitrates (NO₃⁻), ce déroulement est valable pour le phosphore et le magnésium. De plus, afin d'avoir accès à suffisamment de ressources, les plantes pérennes sont aussi obligées de s'associer avec des mycorhizes. Celles-ci vont chercher l'eau et multiplient ainsi la longueur de la racine par 400.»

Le travail de Marc André Selosse a complété ces propos. Dans la conférence «Les sols : ces compagnons que nous méconnaissions», il défend l'idée que le labour est un geste intéressant à court terme, mais nuisible à long terme.

En mélangeant la terre, les mycorhizes présentes sont dénichées. Les champignons qui sont exposés à l'oxygène meurent. La surface d'échange de la plante avec son écosystème est considérablement réduite. Le labour apporte donc une grande quantité d'oxygène qui favorise aussi l'émergence de certaines espèces de bactéries. Cela va induire une respiration accrue du sol, dont les conséquences sont le rejet de CO₂ et donc le déstockage de matière organique. Ainsi cette perte rend le sol plus sensible à l'érosion. Les éléments nutritifs sont alors disséminés par le ruissellement vers d'autres zones géographiques.

Le labour, s'il fait remonter la fertilité à court terme, a trois inconvénients majeurs : éroder les sols, détruire la matière organique et déstocker du carbone.

Il faudra laisser du temps à la partie creusée du terrain de ma tante et mon oncle pour se reconstituer. J'ai abimé le sol, mais c'était nécessaire pour implanter mes bambous. Fabriquer un deuxième écosystème, légitime-t-il d'abimer un premier ? Si celui-ci s'en remet ?

Nous avons fait le tour de question du sol de mon bac. J'aimerais maintenant m'intéresser à une autre partie du cycle de vie de mon bac : la production.

Les chaumes de l'année dernière étaient frêles, ce qui est logique après la transplantation et au vu de la taille des rhizomes. Cette année, les turillons vont générer des chaumes un peu plus grands, allant jusqu'à 3,5 cm de diamètre. Cela reste encore trop peu pour une utilisation en bois d'œuvre. Il serait possible de les utiliser en bois de chauffage. Ce test sera effectué pendant l'hiver, car une cheminée est présente dans la maison.

Une des possibilités de valorisation de ces ressources est l'alimentaire. J'ai ainsi voulu goûter mes bambous. Je suis allé prélever des jeunes pousses dont l'entre-nœud était encore très peu espacé puis j'ai enlevé l'ensemble des gaines qui entouraient les chaumes. Je me suis alors rendu compte à quel point cet appendice jouait un rôle primordial pour structurer la plante. Les jeunes pousses sont vraiment très tendres, on comprend que la lignification, qui intervient après la croissance du chaume, doit avoir un lien temporel inversé avec la présence des gaines. Lorsque j'enlevais les gaines jusqu'au sommet, j'ai vu un rapprochement avec l'artichaut et l'organisation des feuilles de ce dernier. Au plus je me rapprochais du sommet, au plus les feuilles étaient fines et souples, proches de la partie comestible de l'artichaut. Ainsi j'ai découpé les pousses de bambou et les ai réparties en 3 tas chacun à peu près égal :

Le premier : les plus tendres et blanches, probablement les meilleures.

Le deuxième : les nœuds les plus souples et les entre-nœuds assez tendres.

Le troisième, les éléments qui semblaient trop solides pour être consommés, mais qu'il fallait tout de même tester.

J'ai fait bouillir chaque sélection dans des casseroles séparées pendant 20 minutes comme indiqué dans la plupart des recettes sur internet. Le but était de les intégrer dans une salade à partager avec mon oncle et ma tante.

Nous avons ajouté à la salade seulement les tas 1&2. Car, après les avoir tous goûtés séparément, les éléments de la troisième sélection laissaient une quantité importante de fibre en bouche.

Le goût de mes bambous était assez doux, plutôt vert et amer, proche de l'artichaut qui peut tendre vers la noisette.

À la suite de ces retours d'expérience, je voudrais partager mes ambitions et réflexions pour la suite de mon bac de bambou.

Cela fait quelque temps que je souhaite intégrer l'urine que je produis dans le bac. Elle permettrait de compléter l'apport d'azote de mon compost. Ce nouvel intrant permettrait de favoriser davantage la circularité du système.

Pour préparer cela, je regarde la composition d'un engrais type pour bambou. Son ratio Azote (N) Phosphore (P) et Potassium (K) est N-P-K: 10/5/5. Dans un litre d'urine, le rapport N/P/K est: 10/2/3. La concordance est intéressante. Pour faciliter la démarche, je m'aide du livre de Renaud de Looze « L'urine, de l'or liquide au jardin », il y explique: "Sachant qu'une personne produit environ 1 à 2 L d'urine au quotidien, cela permet de fertiliser 1 à 2 m² de potager par jour. Un potager de 25 m² peut donc être fertilisé par 1 personne au bout de 25 jours. Au terme des 25 jours, les applications se font de nouveau sur la première planche fertilisée.»

La pulvérisation de l'urine, concentrée à 10%, est recommandée toutes les 3 semaines. La production d'un seul individu pourrait suffire pour la superficie de mon bac. Je m'interroge néanmoins: quelles sont les conséquences sur les cultures et quel est l'impact de la consommation alimentaire? Peut-on utiliser les urines dans les cas de consommation d'antibiotiques, pilules contraceptives voire drogues?

Renaud de Looze précise: « L'urine fraîche (et séparée des fèces) est naturellement stérile. Une personne en bonne santé produit de l'urine saine. Les résidus de produits médicamenteux ou d'hormones qu'elle pourrait éventuellement contenir peuvent être détruits grâce à une période de stockage à température ambiante de 4 semaines tout au plus. Pour cette même raison, la dernière application d'urine se fait un mois avant la récolte.

De plus, malgré des peurs, des tabous ou du snobisme, l'urine humaine contient moins de résidus médicaux que les fumiers animaux. En réalité, les animaux sont traités à des doses vétérinaires 10 à 100 fois plus élevées que les doses moyennes humaines. Comparativement à des fumiers animaux, autorisés en agriculture biologique, votre urine humaine est en fait un fertilisant gastronomique pour vos plantes. Et l'assainissement biologique est beaucoup plus performant dans le sol que dans l'eau. La nature ne se lave pas à l'eau. ». Pour vérifier cela, je recherche dans des articles scientifiques: les éléments nutritifs contenus dans l'urine se présentent sous forme ionique et leur biodisponibilité se compare avec les engrais chimiques (Johansson et al., 2001 ; Kirchmann & Pettersson, 1995 ; Simons & Clemens, 2004).

La collecte de l'urine est donc une alternative prometteuse aux engrais industriels, mais elle permet aussi d'éviter le traitement en station d'épuration. Lorsque les excréments sont traités en station d'épuration, ils sont rejoints par les contaminants des industries, des eaux grises et tout cela est traité globalement dont le produit est d'une qualité nettement inférieure.

Tirer la chasse d'eau génère 5 à 10L d'eau potable à retraiter en aval. Le tout à l'égout utilise environ 18 mètres cubes d'eau potable par année par habitant, pour un coût de 72€.

La facture pour 200 000 habitants est d'environ 15 millions d'euros par année pour évacuer l'urine vers une station d'épuration. Après traitement, les liquides sont déversés dans une rivière et l'ensemble des boues recueillies sont incinérées à raison de 2 kg par habitant par jour (ce qui génère encore des émissions de CO₂) ou parfois épandues sur les champs.

En traitant les cultures directement avec de l'urine, c'est une économie de moyens colossale. On fertilise un champ avec une ressource locale qui ne nécessite pas de transport. On évite la production de fertilisants chimiques qui détruisent la biodiversité des sols et donc standardise les goûts. De même que l'enrichissement des grandes industries.

De plus, l'excès des apports fertilisants tue des lacs par eutrophisation. La faune aquatique sera aussi moins exposée aux perturbateurs endocriniens qui se dégradent difficilement dans l'eau, mais beaucoup mieux dans le sol à faible dose.

Partie D : Plan de production

Un plan de production a été établi sur tableur pour projeter la productivité du site d'exploitation de bambou de Gouvix. L'outil a été initié sur la base des résultats de l'étude menée en 2001 sur le *Phyllostachys nigra* var. *henonis* dans la réserve nationale de Shennongja en Chine centrale (Zhao-hua et al., 2005). Le choix de cette étude a été fait pour la très forte proximité entre l'espèce concernée et celle mise en culture en Normandie, mais également pour les paramètres climatiques de la zone d'étude décrits par Zhu et Song (1999) comparables à ceux du climat Normand (<https://fr.climate-data.org>) (voir tableau ci dessous). Les températures annuelles sont très proches, l'amplitude annuelle est légèrement plus importante en Chine. Les précipitations y sont également plus élevées, il pourra être compensé dans l'exploitation par un apport en eau si celle-ci devenait un facteur limitant.

| | Shennongja - Chine | Normandie - France |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| moyenne annuelle | 11,2 | 11,5 |
| températures (°C) | maximale mensuelle | 22,8 |
| | minimale mensuelle | 0,7 |
| précipitations annuelles (mm) | 1150 | 775 |

L'évolution du peuplement de *Phyllostachys* en Chine a été caractérisé par une première étape de germination des pousses, suivi d'une étape d'élongation des pousses puis une dernière de développement des feuilles. Ce sont les deux premières étapes qui ont été retenues pour suivre la colonisation du site d'exploitation de Gouvix. L'étape de germination des pousses est divisée à son tour en 3 phases marquées par des vitesses d'apparition des nouvelles pousses différentes (Figure 1). La germination débute lentement avec un taux moyen d'apparition de 0,058 nouvelle pousse par m² par jour, elle accélère en deuxième phase avec 0,27 nouvelle pousse, puis redescend à 0,05 en dernière phase. Avec un stock initial de 10 bambous, au 19^e jour de développement, le site peut compter environ 76 nouvelles pousses ($\pm 28\%$).

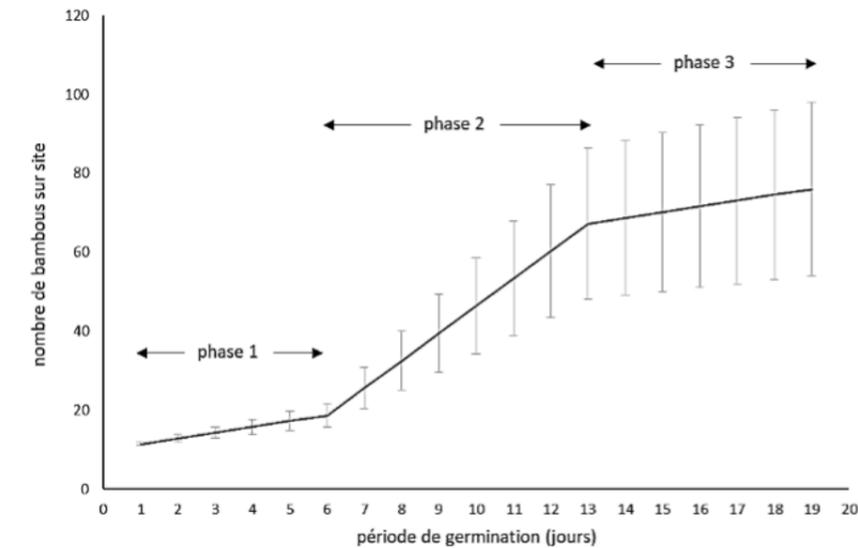


Figure 1 : Évolution de la vitesse d'apparition de nouvelle pousse sur le site au cours du temps.

La seconde étape, celle de croissance des pousses dure environ 40 jours et est également divisée en trois phases, caractérisées par des vitesses d'élongation des entre-nœuds différentes, comprises entre 5 et 20,9 cm d'élongation par jour (Figure 2). A l'issue de la première période de croissance, les bambous pourront mesurer de 5,8 à 6,5 m de hauteur.

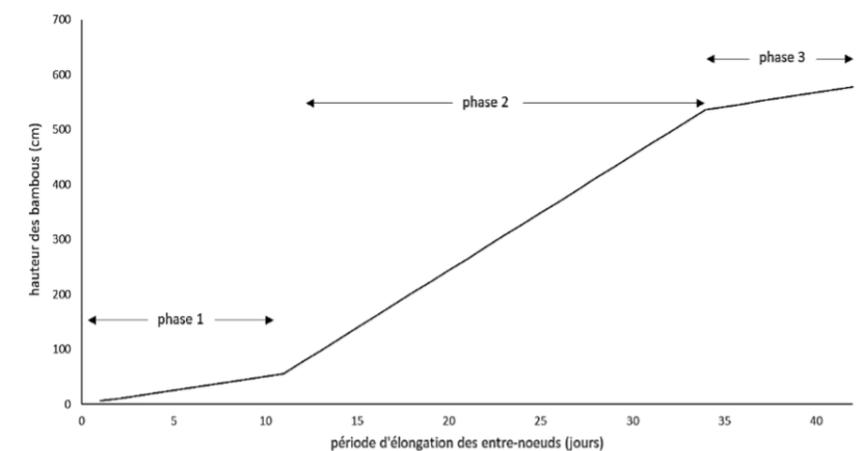


Figure 2 : Évolution des vitesses de croissance du bambou au cours de la phase d'élongation.

Le modèle permet donc de quantifier le nombre de pousses sorties de terre, et leur croissance au cours du temps. Zhao-hua et ses collaborateurs (2005) annoncent un taux de survie des pousses de 68%. La mortalité peut être causée, en ordre d'importance décroissante, par des insectes ravageurs, le flétrissement de la pousse ou encore la prédation animale. Au vu de l'installation du site de Gouvix (culture hors-sol, contrôle possible des apports en eau) l'impact négatif des deux dernières causes peut être réduit, le choix a donc été fait de considérer un taux de survie de 70% pour réaliser les projections. Sur cette base, si les premières années sont considérées comme le temps nécessaire à l'implantation du peuplement, l'exploitation par le prélèvement de pousse n'est pas envisagée. L'accroissement théorique du peuplement pourra donc être linéaire jusqu'à atteindre un total d'environ 465 individus à la 6e année. (Figure 3).

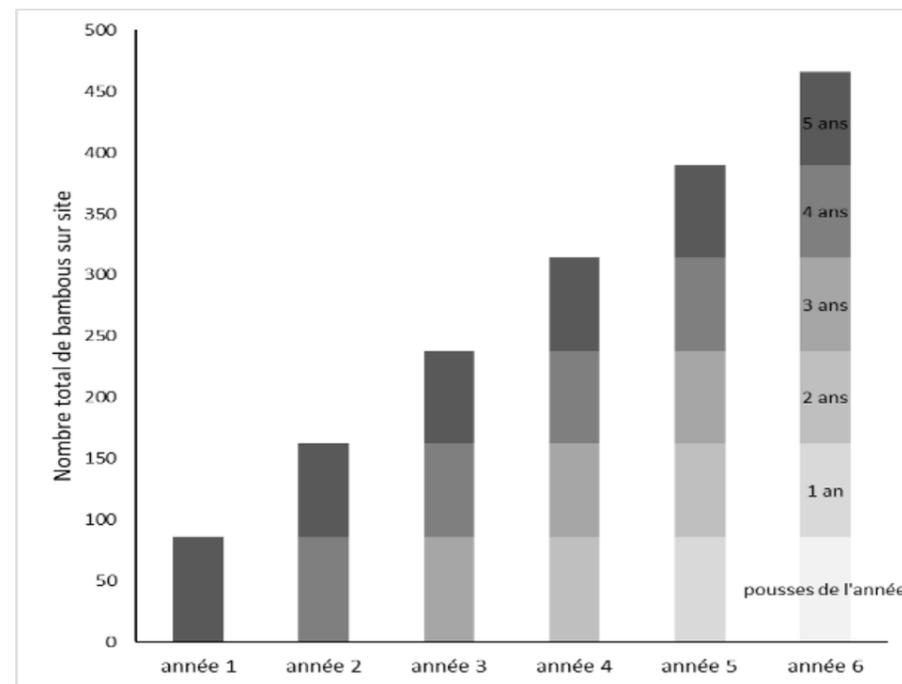


Figure 3 : Évolution de l'effectif du peuplement et de sa composition.

A ce stade le peuplement aura une densité légèrement inférieure à 20 individus par m², adapté à une exploitation optimale des chaumes. Pour ce faire, Zhao-hua et al. (2005) recommandent de conserver un ratio de 1:1:1:1:1 entre les chaumes de différents âges du peuplement pour les classes de 1 à 5 ans. Une attention particulière devra donc être apportée lors de l'exploitation pour identifier l'âge des chaumes à prélever.

Il a été acté que 20% maximum du nombre d'individu seraient récoltées par an, afin d'assurer une bonne productivité pour les années suivantes. Cette récolte inclue des pousses inférieures à 30 cm de haut pour la consommation alimentaire. Et des pousses dépassant les 4 m de hauteur pour des applications en matériaux.

Le modèle permet de simuler l'exploitation du site, avec une productivité annuelle attendue d'environ 96 chaumes de bambou supérieurs à 4 m et répartis équitablement parmi les âges de 1 à 5 ans.

Références :

Zhao-hua, L., Denich, M. & Borsch, T. Growth behavior of *Phyllostachys nigra* var. *henonis* (Bambusoideae) in Central China. *Journal of Forestry Research* 16, 163-168 (2005). <https://doi.org/10.1007/BF02856808>
 Zhu Zhaoquan, Song Zhongshu. 1999. Scientific survey of the Shennongjia Nature Reserve [M]. Beijing: China Forestry Publishing House. (in Chinese)

Partie III: Organisation du bac de bambou

L'organisation écosystémique

« Les systèmes biologiques se sont développés en boucle fermée et la notion de déchet n'y existe pas : tout est nutriment. Les écosystèmes se régénèrent, sont résilients et fonctionnent à partir de l'énergie solaire ». C'est ainsi que Michael Pawlyn décrit dans *Biomimétique & Architecture* le comportement des systèmes naturels. Il cherche à étudier les enseignements que l'on peut en tirer pour repenser nos propres organisations. Il poursuit par « Passer d'un mode d'utilisation des ressources linéaire et polluant à un modèle circulaire représente la mutation la plus importante que nous ayons à mettre en œuvre. »

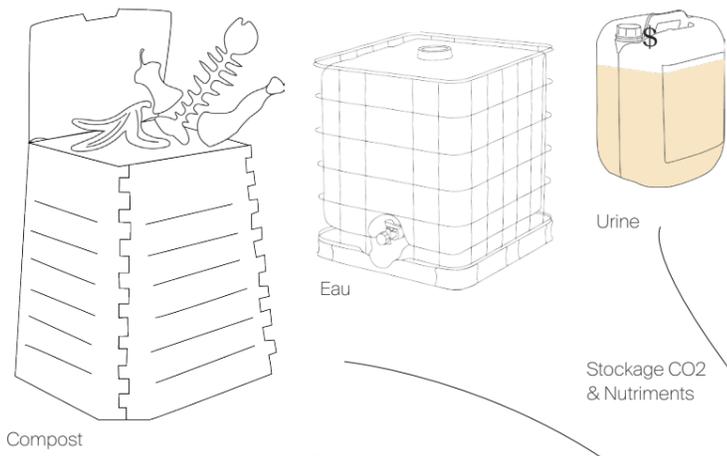
Pour moi, cette manière de réfléchir est très inspirante. C'est pourquoi j'ai débuté la représentation écosystémique de mon bac. A la manière de Michael Pawlyn et en tenant compte de l'état de mes connaissances sur le bambou je cartographie les applications qu'il est possible de faire. Cet outil offre une vue macroscopique sur l'ensemble des intrants, produits et services aujourd'hui identifiés. « Penser en termes d'écosystème incite à la création d'environnements régénérateurs qui maximisent les valeurs humaines au sein du système, ainsi que les bénéfices sociaux et économiques de la prévention du gaspillage. »

« Les modèles fondés sur les écosystèmes induisent des interactions complexes entre les différents processus, lesquels exigent une démarche de conception en vue de leur optimisation ». Cette démarche induit donc des questions de représentation, d'outils et bien sûr de choix. L'organisation de mon écosystème est encore très simple, bien que les cycles courts qui répondent aux besoins du bambou y ont une place importante. Je souhaiterais à l'avenir, représenter davantage l'ensemble des acteurs de la biosphère comme les organismes qui participent à l'écosystème. Il me faut aussi identifier les lieux où l'humain joue un rôle. Dans un futur plus lointain, je souhaiterais augmenter le nombre d'interactions interspécifiques. Des connaissances importantes vont m'être nécessaire notamment concernant les équilibres. Selon mon points de vue, c'est à ce poste là que l'humain a un rôle très intéressant. Il peut-être une sorte de chef d'orchestre des processus biologiques afin que le profit soit un bien commun.

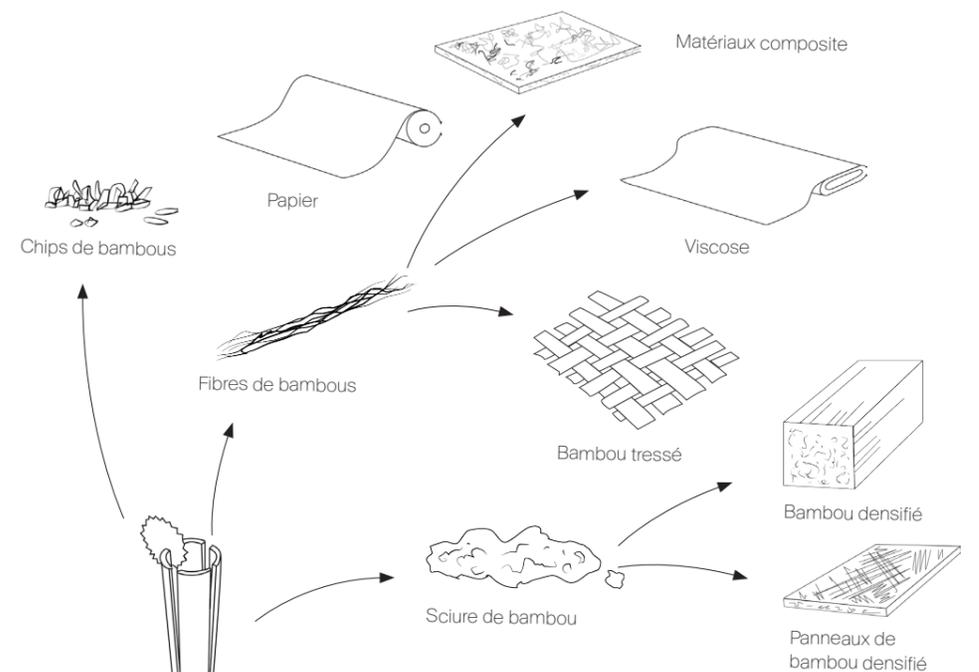
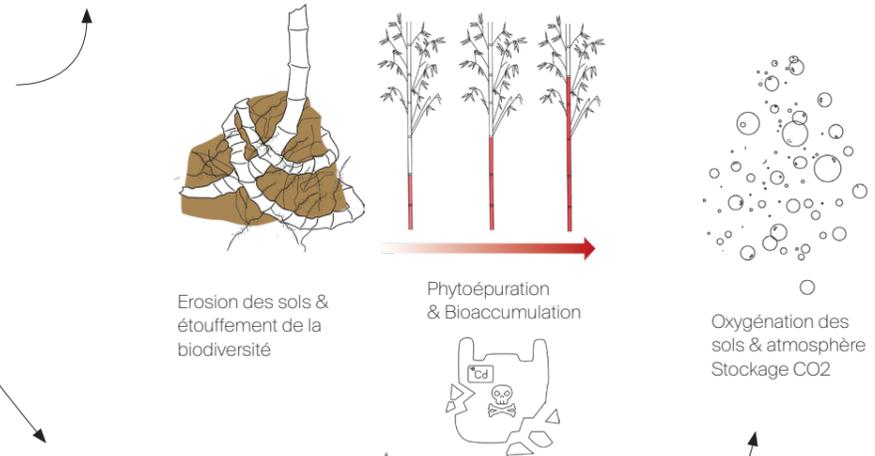
L'organisation de ces systèmes est inspirée de la nature il s'agit donc de biomimétisme écosystémique. Mais, toutes les relations initiées par l'humain n'étaient pas préexistantes avant son action. La question c'est comment ne pas avoir un rôle de demiurge ? Comment être sûr de respecter les différentes espèces ou même d'être conscient de la présence et du rôle de chacun.

Toutes ces perspectives m'animent grandement. Je pense tout de même qu'il est obligatoire de laisser une partie de la nature vierge de nos actions. Ainsi, je pense au dispositif expérimental d'écotron qui permet, en écologie d'étudier l'impact du climat sur le fonctionnement des écosystèmes et de la biodiversité. L'idée de ce dispositif est de cloisonner l'écosystème et observer ce qui s'y passe. Pour observer les résultats d'organisations écosystémique il serait intéressant de s'intéresser à cette méthode.

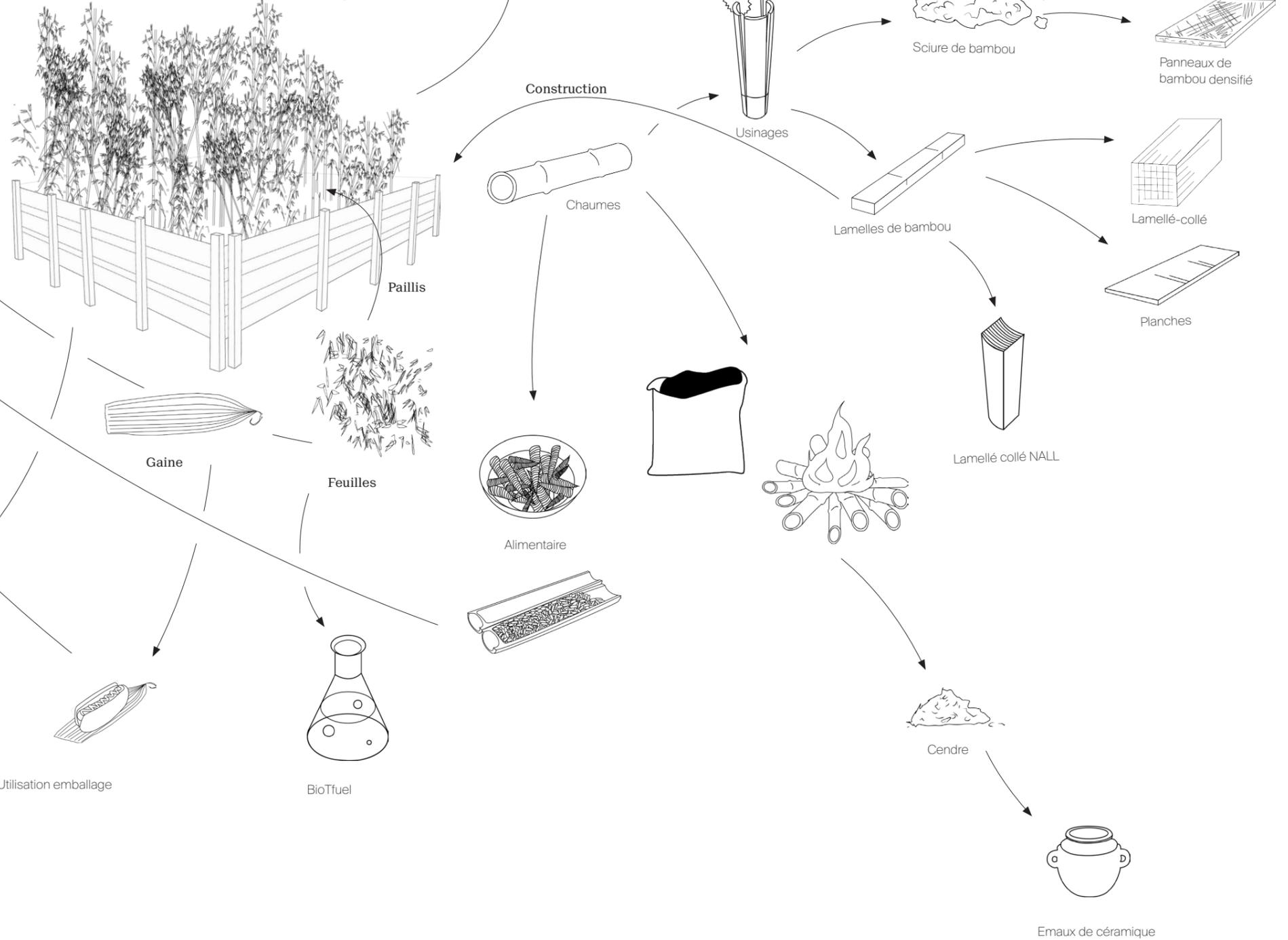
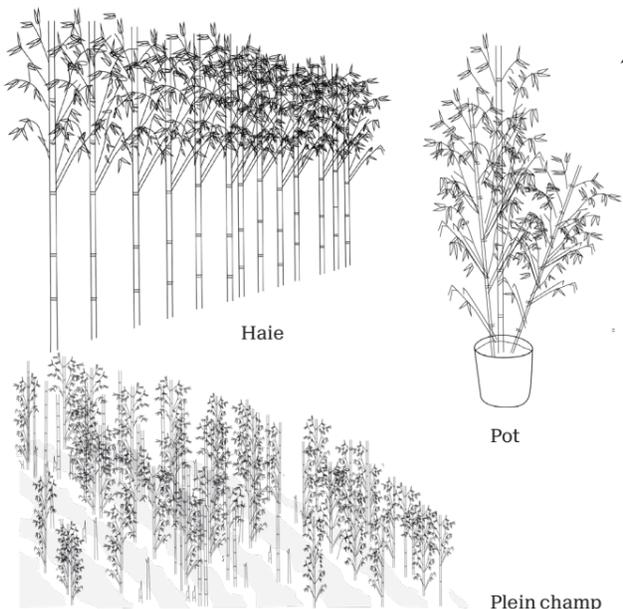
Intrants



Services écosystémiques



Types de culture : reproduction par bouturage



Conclusion

Le bambou est fascinant. Ces dernières années et particulièrement ces derniers mois, il a été source de savoir théorique, culturel et expérientiel. J'ai lu de nombreuses publications scientifiques qui m'ont permis de confronter le grand mythe du bambou à une réalité tangible. J'ai rencontré de nombreux experts sur le sujet : scientifiques, designers, chefs d'entreprise, biologistes, qui m'ont éclairé sur les points de tension qui animent le bambou. Enfin, j'ai fait grandir ma sensibilité au monde vivant grâce à ma propre culture de bambou.

La structuration de toutes ces connaissances sous forme de mémoire m'a permis de mettre au point une méthode de recherche et d'analyse applicable à tous les sujets auxquels je serais confronté à l'avenir, notamment en tant que biomiméticien.

Par ailleurs, ce bac a pour moi une résonance citoyenne. Prendre en charge une partie des déchets d'un foyer et permettre de les revaloriser de façon locale et circulaire est un geste écologique engagé. Tester ce système à petite échelle m'a aidé à comprendre les relations qu'entretiennent les plantes à leur milieu et plus globalement les relations écosystémiques. L'outil industriel n'est pas mauvais en soi, mais il a été pensé pour un monde sans responsabilités écologiques. Face aux événements climatiques, la pensée écosystémique offre une occasion de changer de paradigme pour réduire nos impacts. Il est possible d'observer tout élément comme une richesse et de chercher les voies de valorisations facilement accessibles. Les dépenses énergétiques sont réduites et la perte de ressource très limitée voir inexistante. C'est grâce au master NID que j'ai compris la pertinence de cette organisation qui aide à questionner et redéfinir nos choix hérités de l'organisation linéaire. C'est ce que je m'emploie à réaliser avec mon bac de bambous.

Je remercie le bambou de m'avoir inspiré et l'ENSCI de m'avoir fait respirer.

Remerciements

Direction du mémoire

Adeline Weppe
Simon D'Hévin

Interviews

Thomas Haevermans
Samy Rio
Mark Irle
Jean Luc Kouyoumji
Jean Pascal Costa
Mathieu Gilard
Francis Hallé
Rodolphe Bourdin
Bernard Benayoun
Simon Cruzet

Construction du bac

Jacqueline Lecorre
André Lecorre
Patrick Vachon
Marie Julie Clairin
Pierre Louis Clairin

Leur aide et soutien tout au long de mon mémoire

Camille Coquelle
Ines Ferey
Thomas Gueukmen
Isabelle Coquelle

