

Les matériaux bio-composites.

Apprendre des plantes pour inventer des matériaux et construire.



Par : Christophe Baley,
Professeur à l'Université de Bretagne Sud (IRDL)

Sommaire

Les matériaux bio-composites.....	1
I. L'Institut de Recherche Dupuy de Lôme(IRDL) :.....	1
II. Introduction :.....	1
A. Les matériaux :.....	1
B. Les applications structurelles :.....	2
C. Le biomimétisme :.....	2
III. Remarques :.....	3
IV. Apprendre des plantes :.....	3
V. Bilan :.....	5

« Les bateaux m'ont fait rêver et je me suis intéressé aux matériaux qui pouvaient les composer dans une recherche de produits légers solides et issus de ressources renouvelables tels que les végétaux »

Qu'est-ce qui fait qu'un arbre tient debout ?

Une explication ne serait-elle pas dans l'humus et les systèmes biodégradables ?

I. L'INSTITUT DE RECHERCHE DUPUY DE LÔME(IRDL) :

Avec ses 300 personnes au total, dont 106 enseignants-chercheurs, 47 Ingénieurs, Tech., Administratifs, 10 post-doctorants et 113 doctorants l'IRDL est le plus gros laboratoire en science et ingénierie de Bretagne.

Il travaille particulièrement sur les graines de lin. Si on a utilisé le lin depuis aussi longtemps, c'est à cause de ses nombreuses qualités. Si on s'en est un peu détourné depuis les dernières décennies, on redécouvre maintenant toute l'étendue de ses propriétés.

Du lin, on extrait des fibres très résistantes, et d'une grande finesse. Elles ont un diamètre moyen de l'ordre de $15 \mu^1$; (pour mémoire, le diamètre d'un cheveu varie entre 50 et 100μ).

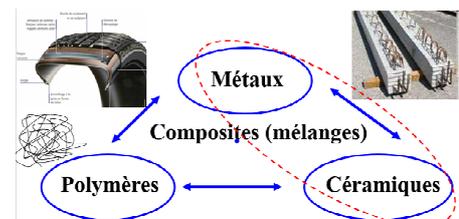
II. INTRODUCTION :

A. LES MATÉRIAUX :

Au quotidien, sans toujours nous en rendre compte, nous utilisons des biomatériaux (emballages papier, objets en cuir, en tissu, ...) qui finissent par se dégrader.

Pourquoi ne pas utiliser ces biomatériaux pour construire de nouvelles matières ?

Autour de soi, on trouve des métaux, des céramiques, des matières plastiques (polymères ou fibres végétales).



¹ 1 micron (μ) mesure un millionième de mètre, ou un millième de millimètre.

Les métaux et les céramiques viennent du sol et sont en quantités finies. Les biomatériaux sont renouvelables.

À Melbourne on trouve le plus grand bâtiment bois au monde, Forte Living, qui s'élève sur 10 étages.



En fabriquant leur nid, les guêpes vont se servir de fibres de bois pour fabriquer la matière nécessaire.

La grande différence entre le monde animal et le monde végétal, c'est que les animaux disposent d'un squelette qui leur donne leur rigidité. Mais alors pourquoi les arbres tiennent-ils debout ?

B. LES APPLICATIONS STRUCTURELLES :

Si on observe la masse des voitures depuis 40 ans chez Volkswagen (Golf), on constate qu'elle a augmenté de 50 %. Certes elles sont de plus en plus perfectionnées, mais aussi de plus en plus lourdes.

Pour aller vite et haut un sauteur à la perche a besoin de beaucoup d'énergie qu'il doit libérer très rapidement. Des progrès spectaculaires ont été constatés lorsqu'on a utilisé des perches en fibre à la place de perches en bois.

Quand on utilise une source d'énergie, l'observation des rendements est éloquent.

Dans le cas de l'énergie nucléaire, à partir de 100 % de l'énergie primaire fournie par le réacteur, 66 % disparaissent dans l'eau qui sert à le refroidir, sur les 33 % qui sont transformés en électricité, 3 % sont perdus pendant le transport, et chez le client, lorsqu'il s'éclaire, 28,5 % partent en chaleur et il reste seulement 1,5 % d'énergie utile.

On ne sait pas recycler les objets anciens, on doit donc sans cesse en construire des neufs et ainsi la production d'acier ne cesse d'augmenter.

Il existe un temps d'usage des matériaux, et on ne cesse d'en consommer, d'où une production de déchets.

L'utilisation de matériaux renouvelables, ou recyclables, est une réponse partielle à l'augmentation de la consommation.

C. LE BIOMIMÉTISME :

« Le biomimétisme désigne un processus d'innovation et une ingénierie. Il s'inspire des formes, matières, propriétés, processus et fonctions du vivant. Il cherche ainsi des solutions soutenables, produites par la nature, sélectionnées par de nombreuses espèces, éprouvées par l'évolution au sein de la biosphère. C'est un domaine encore émergent de la recherche et des domaines techniques, médicaux, industriels et de la bioéconomie. »

À partir d'un objet, on va examiner les flux d'énergie entrants et sortants et en faire le bilan pour évaluer leur impact sur l'environnement.

Si on prend l'exemple d'un arbre,
il reçoit : du sol, de l'eau et des sels minéraux
de l'atmosphère : de la lumière et de la chaleur

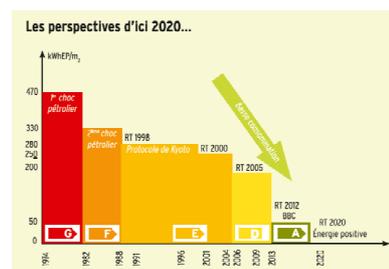
il rejette de l'eau par **transpiration**

Il échange : par **photosynthèse**, il absorbe du gaz carbonique et rejette de l'oxygène
Par sa **respiration**, il absorbe de l'oxygène et rejette du gaz carbonique

Il faut construire des bâtiments de mieux en mieux isolés, en recherchant des matériaux qui s'autorégénèrent.

Les techniques mises en œuvre depuis ces quarante-cinq dernières années commencent à donner des résultats.

En 1974, lors du premier choc pétrolier, on consommait environ 470 kW/h d'équivalent pétrole par mètre carré. En 2005, on en était à un peu moins de 200 et on compte arriver à près de zéro après 2020 avec le développement des constructions BBC.



Autrefois, par exemple, les voiles d'un bateau pouvaient connaître une nouvelle vie sous forme de toiles d'emballage dont on pouvait ensuite récupérer les fibres. Une partie des cordages étaient recyclée en étoupe pour calfater les bateaux.

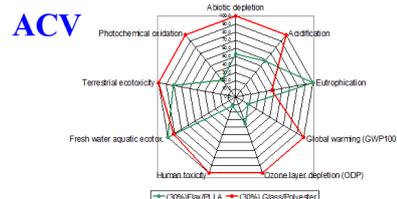
Aujourd'hui, la Chine ne souhaite plus recevoir les déchets du monde entier, et l'Inde pourrait prendre le même chemin.

Cela va obliger les pays développés à trouver assez rapidement de nouvelles façons de vivre.

III. REMARQUES :



En incorporant dans la construction de cette coque, des grains d'amidon, des fibres de lin, l'impact sur l'environnement ne sera pas nul, mais énormément réduit. On aura moins consommé d'énergie pour sa construction, et elle sera recyclable.



On distingue, en rouge la consommation nécessaire avec les techniques de construction classiques, et en vert, la consommation avec utilisation de matériaux recyclables.

IV. APPRENDRE DES PLANTES :

Apprendre des plantes, source de matériaux (lin, chanvre, ...)

Il faut observer les écosystèmes ; ils ne produisent aucun déchet.

Un flux d'eau, de gaz carbonique, de lumière solaire entraînent une croissance et la fabrication de biomasse (autotrophie).

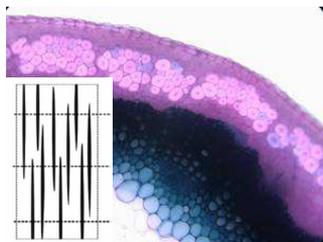
Et tout cela à température ambiante, avec de l'eau, une pression faible, sans produit chimique toxique, en respectant la vie des écosystèmes, avec un apport d'énergie par le soleil...

La plante va ainsi se reproduire, transporter de l'eau et résister au vent.

Un autre grand immeuble construit à 70 % en bois, se situe à Vancouver pour une résidence universitaire. Sa structure bois a été érigée en seulement 70 jours, ce qui entraîne une importante économie de consommation de CO₂.

Ces immeubles peuvent prendre feu dans des circonstances exceptionnelles, mais on considère que les habitants auront le temps de sortir, contrairement à ce qui s'est passé au World Trade Center.

Dans une plante, quel est le rôle des fibres naturelles ?



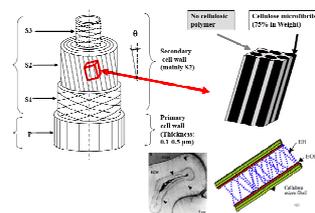
La tige de lin est un matériau composite ; les fibres sont assemblées en faisceaux tout autour de la tige et lui assurent son soutien et sa structure, avec une rigidité renforcée par des fibres courtes.

Dans le cas du coton par exemple c'est différent ; les fibres ne servent qu'à disséminer les graines.

Les fibres sont d'abord une protection pour le lin, mais ce sont elles qu'on va utiliser. Lors de la croissance de la plante, en fonction de l'environnement, il va y avoir élongation, chaque cellule va s'allonger puis se remplir.

À maturité, la fibre aura un diamètre de 15 µ ; sa structure biocomposite explique la rigidité de la plante.

Une fibre de lin est plus raide et plus solide que tous les matériaux connus.



Les déchets végétaux peuvent être recyclés en compost par l'action des vers de terre qui en assurent une biodégradation.

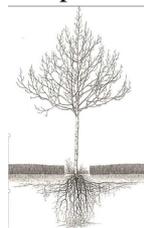
Extraction des fibres de lin : on arrache le lin, ce qui laisse le sol libre pour un autre emploi. Les tiges de lin sont soumises au rouissage, c'est à dire qu'on les fait macérer dans l'eau, exposés au soleil, de manière à faciliter la séparation de l'écorce filamenteuse d'avec la tige.

Un paradoxe : des fibres biodégradables, bien utilisées, peuvent devenir durables.



Par exemple, des fibres de coco peuvent tenir ensemble des plaques de bois et permettre la construction de bateau. Les trous par lesquels passent les fibres de coco sont bouchées par de la graisse de chèvre, et les pièces de bois sont traitées avec de l'huile de poisson.

L'agroforesterie est une autre manière d'augmenter les rendements en utilisant la complémentarité de certaines espèces, en gagnant de l'espace, et en augmentant la séquestration du carbone dans le sol. Elle participe à la lutte contre le changement climatique



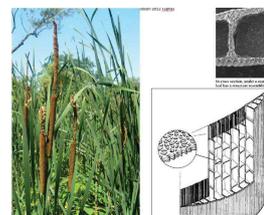
Alterner rangées d'arbres et cultures au-dessous, c'est augmenter les rendements et la rentabilité des cultures et des pâtures, profiter de la biodiversité et procurer des habitats aux pollinisateurs et aux auxiliaires. Les systèmes racinaires de l'orge et du noyer ne sont pas au même niveau, de même que les parties aériennes.



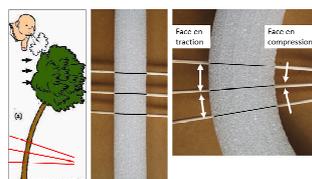
Les arbres peuvent réduire les inondations, l'érosion et la lixiviation de nitrates.

Les végétaux ont développé des stratégies pour améliorer leurs performances.

Le bambou a une structure de tube avec cloisons. Les feuilles de Typha ont une partie intérieure alvéolée qui assure sa rigidité.



Comment un arbre tient debout ?



Si les arbres sont trop hauts, ils vont pencher ; en fait plus les arbres sont hauts, moins ils sont denses.

Sous l'effet du vent, leur tronc s'incline et il y a un côté au vent en traction, et un autre sous le vent en contraction. Au centre, il n'y a plus d'eau, car ce n'est que dans l'aubier que la sève circule.

Chaque année, l'arbre grandit, mais la structure centrale ne supporte que la structure de l'année passée. La couche extérieure permet les flexions.

Les charpentiers de marine ont exploité de phénomène ; ils humectent le bois, le chauffe à la vapeur, et peuvent ainsi le courber pour faire une coque de navire.



À Crozon, les conditions de vent vont modifier la forme des plantes.

Une plante blessée, versée, est capable parfois de se renforcer en cicatriser, et de se redresser.

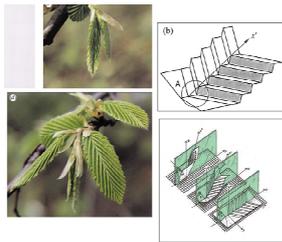
La luzerne pousse plus haut si on l'accompagne par une clôture.



Bruno-Martin DBA
 MSc. Centre de Recherche de l'Université de la Méditerranée
 13127 Marseille Cedex 09
 0491 95 47 00
 0491 95 47 01
 0491 95 47 02
 0491 95 47 03
 0491 95 47 04
 0491 95 47 05
 0491 95 47 06
 0491 95 47 07
 0491 95 47 08
 0491 95 47 09
 0491 95 47 10
 0491 95 47 11
 0491 95 47 12
 0491 95 47 13
 0491 95 47 14
 0491 95 47 15
 0491 95 47 16
 0491 95 47 17
 0491 95 47 18
 0491 95 47 19
 0491 95 47 20
 0491 95 47 21
 0491 95 47 22
 0491 95 47 23
 0491 95 47 24
 0491 95 47 25
 0491 95 47 26
 0491 95 47 27
 0491 95 47 28
 0491 95 47 29
 0491 95 47 30
 0491 95 47 31
 0491 95 47 32
 0491 95 47 33
 0491 95 47 34
 0491 95 47 35
 0491 95 47 36
 0491 95 47 37
 0491 95 47 38
 0491 95 47 39
 0491 95 47 40
 0491 95 47 41
 0491 95 47 42
 0491 95 47 43
 0491 95 47 44
 0491 95 47 45
 0491 95 47 46
 0491 95 47 47
 0491 95 47 48
 0491 95 47 49
 0491 95 47 50
 0491 95 47 51
 0491 95 47 52
 0491 95 47 53
 0491 95 47 54
 0491 95 47 55
 0491 95 47 56
 0491 95 47 57
 0491 95 47 58
 0491 95 47 59
 0491 95 47 60
 0491 95 47 61
 0491 95 47 62
 0491 95 47 63
 0491 95 47 64
 0491 95 47 65
 0491 95 47 66
 0491 95 47 67
 0491 95 47 68
 0491 95 47 69
 0491 95 47 70
 0491 95 47 71
 0491 95 47 72
 0491 95 47 73
 0491 95 47 74
 0491 95 47 75
 0491 95 47 76
 0491 95 47 77
 0491 95 47 78
 0491 95 47 79
 0491 95 47 80
 0491 95 47 81
 0491 95 47 82
 0491 95 47 83
 0491 95 47 84
 0491 95 47 85
 0491 95 47 86
 0491 95 47 87
 0491 95 47 88
 0491 95 47 89
 0491 95 47 90
 0491 95 47 91
 0491 95 47 92
 0491 95 47 93
 0491 95 47 94
 0491 95 47 95
 0491 95 47 96
 0491 95 47 97
 0491 95 47 98
 0491 95 47 99
 0491 95 47 100

V. BILAN :

Si on a coupé au fur et à mesure de sa croissance, les branches basses d'un arbre, à l'état adulte, si on regarde à l'intérieur du tronc, on retrouve la trace des anciens départs de branche.



L'observation d'une feuille de charme nous a permis de concevoir des éléments à la fois repliables, mais qui une fois dépliés offrent une structure très stable et rigide.

Les structures des pommes de pin qui réagissent à l'humidité, ont suggéré aux architectes, des formes aériennes épurées.



L'observation de la nature a déjà permis de trouver des techniques économes en CO₂, souvent plus durables et robustes, bien que biodégradables, que ne l'étaient les anciennes.
