

## Des bateaux sains pour la santé des gens de mer et des constructeurs

27/10/2007

Présentation: Yann Gonthier (YG)

Intervenants: Patrick Besnié (PB), François Jagot (FJ), Claude Lesné (CL)

PB : Architecte et constructeur d'un petit bateau nommé « La Gazelle des Sables », j'ai pratiqué dix ans d'activités dans l'industrie du traitement de surface, donc je connais bien les problèmes de traitement des bois, des alus, des aciers... J' ai aussi une solide expérience du matériau composite, pour lequel je me passionne. Je suis comme vous tous ici, un passionné de navigation, c'est la raison pour laquelle j'ai essayé de concevoir le bateau qui convenait le mieux aux attentes des plaisanciers. A l'époque de la création du chantier, mon épouse attendait notre second enfant, nous avons donc tout de suite raisonné en terme de toxicité à la fabrication et de protection de l'environnement. Je suis notamment spécialiste des techniques d'injection sous vide : le RTM lighth ou injection éco et infusion. Nous avons parlé précédemment des fibres végétales, je vais également vous parler des techniques de transformation, car l'un ne va pas sans l'autre.

Du point de vue, du patrimoine historique des Pays de la Loire, La Gazelle des Sables est un bateau qui a été construit en 1906, dans le but d'aller pêcher la sardine au large des côtes. Pour de questions pratiques de navigation et de disponibilité de place au port difficile à obtenir, j'en ai fait une réduction au 1/8ème.

Voyons maintenant ce qu'est l'éco-construction selon La Gazelle des Sables.

Un bateau de petite taille, c'est moins de problèmes de fabrication, moins de soucis de pollution, de recyclage et moins d'énergie dépensée. Le plaisir de la navigation reste le même, et moins nous utilisons de matière première pour la construction, moins nous gaspillons les matières fossiles en nombre limité et moins nous avons de matière à recycler. Passons à la recette de construction. Du fait de la petite taille de l'embarcation, nous avons le choix entre différents types de construction. Nous aurions pu fabriquer le bateau en bois latté : long, compliqué, cher, et il aurait été difficile de le reproduire à l'identique. Nous avons donc fait une copie du bateau en moule polyester, afin de fabriquer des pièces en injection sous vide. Dans le domaine du composite, il y a tout un choix de systèmes d'application, le plus commun étant le moulage au contact, c'est à dire que l'on applique la résine au pinceau, puis la fibre de verre, et on fait passer la résine à travers la fibre manuellement.. C'est un travail en moule ouvert, qui entraîne des émanations de COV et de gaz nocifs, notamment le styrène.

C'est pourquoi, nous préférons travailler 'sous vide' afin de s'affranchir de toute émanation de gaz toxiques. Dans nos ateliers, les COV représentent environ 5% des gaz résiduels. C'est infime. Nous utilisons toujours de la fibre de verre, mais nous laissons surtout la possibilité à nos clients de choisir de la fibre végétale, du lin par exemple, pour un coût identique. Enfin, nous traitons tous nos bois à l'huile naturelle et j'ai supprimé toutes les peintures.

### De Navigatio

29 Boulevard Général De Gaulle  
29100 Douarnenez

02 98 75 31 86 - [contact@econav.org](mailto:contact@econav.org)

Association loi 1901 - siret 49820797600016 ape 913e

Les caractéristiques des Gazelles des Sables sont :

- réduction au 1/8ème,
- longueur: 2,70 mètres, poids: 55 kilos,
- ballasts liquides pour lester le bateau en navigation.

Ces caractéristiques représentent toute une série d'avantages qui permettent de naviguer plus facilement dans le respect de la mer et de notre environnement.

Passons au point suivant. Il s'agit d'une construction en moule fermé. La coque, le pont et le ballast sont réalisés en composites par injection sous vide, en moule fermé.

Dans le cas de la fabrication en projection simultanée, on utilise un pistolet qui projette à la fois la résine, le verre coupé en morceaux et le catalyseur. C'est le système le plus communément utilisé pour fabriquer des pièces rapidement.

Si nous utilisons la technique de l'injection éco ou RTM ligh, nous pouvons gagner 10 à 15% sur le coût de fabrication comparé aux techniques en projection simultanée. L'outillage, lui, doit s'amortir dans le temps. Cela revient à dire qu'il faut aussi considérer l'écologie sous un angle économique.

De plus avec cette technique dite en 'injection éco', nous obtenons un composite qui est totalement exempt de bulles car lorsque l'on injecte la résine, on fait le vide. Dans un composant traditionnel, on peut avoir un taux de bulles avoisinant les 2,5 ou 3%. De plus ce composite 'Nouvelle Génération' provoque une faible émanation de styrène et de COV. Le styrène est le composant qui permet à la résine de durcir. En théorie, la quantité de styrène utilisée dans le monomère permet à tous les composants de durcir en même temps, ce qui ne devrait pas entraîner d'émanations.

Voici deux échantillons, l'un en fibre de verre, l'autre en fibre végétale. Il est recommandé de ne pas toucher au premier échantillon, en revanche la fibre de lin est douce et agréable; c'est la raison pour laquelle on en fait aussi des vêtements.

L'injection est une technique qui préserve l'environnement et l'opérateur de production, il n'y a pas ou peu de contact avec les produits. Pour le drapage de la coque du bateau, nous voyons les renforts déposés à sec. L'intérêt, c'est qu'ensuite, toute la partie résine, catalyse, injection, se fait à l'aide d'une machine. On a un récipient de résine, un récipient de catalyseur et une machine qui fait le mélange et l'injecte dans le moule. A partir d'un moule et d'un contre-moule, nous produisons donc la pièce finale. L'assistance du vide permet à la résine de migrer et de remplir parfaitement la pièce en évacuant toutes les bulles d'air. Il n'y a bien sûr aucune odeur.

Par ailleurs, pour fabriquer une pièce en composite, on consomme beaucoup d'acétone, or c'est un produit très dangereux qui attaque les cellules nerveuses. Grâce à l'injection sous vide, nous consommons environ cent à trois cent millilitres d'acétone par pièce. C'est très peu mais malheureusement le minimum indispensable. A l'année dans l'atelier, nous consommons une quinzaine de kilos d'acétone pour une quinzaine de bateaux, tout compris.

Nous avons vu qu'il était possible de remplacer la fibre de verre par de la fibre végétale. Par conviction, mon souci est d'utiliser des produits qui soient propres, et qui soient plus faciles à détruire par la suite. J'essaie donc de concevoir des produits que mes enfants puissent un jour, incinérer facilement. On est capable de filtrer les fumées, et je sais qu'un composite fait de fibre de verre mélangée à de la résine est très difficile à incinérer complètement. La résine peut être assimilée à du carburant; on va pouvoir concasser le matériau, l'incinérer, et cela va engendrer de l'énergie qui pourrait re-transformée pour chauffer les écoles, avoir de l'eau chaude... Quand le composite contient de la fibre de verre, cela crée des difficultés, car il faut l'extraire des fours, puis la recycler. En réalité, elle est enfouie sous les routes, ce qui n'est évidemment pas acceptable. De mémoire, je crois qu'aujourd'hui, rien que dans le nautisme, c'est autour de trois mille tonnes de composites par an qui sont broyées et stockées de cette façon, sachant qu'on en consomme beaucoup plus à l'année. L'idée est donc de proposer dès maintenant par précaution pour les générations futures, un composite qu'il soit possible d'incinérer totalement sans générer aucun déchet.

Revenons-en au lin. J'ai trouvé en Allemagne ce produit sous forme industrielle. Il est importé en France par une société qui s'appelle Ceartex. Ce produit existe déjà depuis longtemps, je l'ai utilisé pour la première fois en 2001, pour faire des capotages dans l'industrie.

Un matériau composé de fibres végétales est différent d'un matériau fait de fibres de verre. Il est plus souple et demeure pourtant très résistant. Ce matériau est complexe, il ne contient pas que du lin. Nous avons une couche de lin à l'intérieur et à l'extérieur, mais nous trouvons aussi au cœur du matériau, un 'micro

sandwich', constitué de polyéthylène. C'est une âme drainante qui permet à la résine de migrer en priorité dans l'âme polyéthylène, avant d'imprégner les deux parements de lin.

En ce qui concerne le drapage de la coque, ce matériau est foisonnant et assez épais. Lorsque l'on va apposer le contre-moule, tirer le vide va écraser l'ensemble et donner exactement la bonne épaisseur à la coque définitive. Sur la pièce terminée, démoulée, il y a donc deux faces lisses. Nous pouvons voir l'aspect de la fibre végétale à l'intérieur, tandis qu'à l'extérieur, nous trouvons un gelcoat de couleur.

Nous nous sommes rendus compte que notre outillage n'est pas totalement adapté à la fibre végétale. On aurait pu minimiser les épaisseurs et gagner en poids donc en coûts matières. Imaginez que nous possédons un moule pour donner la forme de la coque, l'aspect lisse et brillant, et un contre-moule pour l'épaisseur de la coque. Dans le cas de la fibre de verre, le bateau fait 4,5 millimètres d'épaisseur. Si nous utilisons de la fibre végétale, nous pouvons diminuer à trois millimètres et avoir suffisamment de résistance. Le fait d'avoir trop de résine dans le mélange fibre-résine, est un inconvénient. Voyez ces deux échantillons, d'un côté nous avons un bateau en fibres végétales avec une coque transparente - nous avons apposé un gelcoat incolore - vous pouvez remarquer l'aspect très design de cette fibre, qui est vraiment très intéressant.

Revenons-en aux aspects techniques. La fibre de lin est plus légère, avec une densité de 1, contre 2,5 pour la fibre de verre. Si le bateau est plus léger, moins de puissance moteur et moins de puissance vélique sont nécessaires pour bouger le bateau, tout cela pour un coût équivalent.

Ces matériaux sont vendus au kilo, et que ce soit pour le verre ou pour le lin, ils ont le même prix. Nous, nous travaillons au mètre carré et nous utilisons moins de masse au mètre carré pour le lin que pour le verre. Donc nous sommes encore gagnants. Puisque l'on utilise moins de fibres de lin pour fabriquer une coque en fibres naturelles, cela entraîne une réduction des besoins en résine. De cette façon, nous faisons donc des économies non négligeables. Bien qu'au point de départ, l'utilisation de l'une ou l'autre de ces deux fibres se révèle à peu près équivalente, grâce à l'effort de recherche et de conception engagé, la fibre végétale se révèle plus profitable. Voici un échantillon de mat constitué de lin. En lui-même, c'est déjà un déchet. La fibre végétale noble va servir à fabriquer du textile, la paille va servir à fabriquer ces mats de lin qui peuvent être utilisés dans l'industrie nautique ou composite traditionnelle. Il est important de savoir que déjà, de cette manière, nous valorisons un déchet. Certains agriculteurs viennent dans mon atelier, pour me demander ce qu'ils peuvent faire de leur paille de lin. Aujourd'hui elle est souvent brûlée. Je leur répond que je cherche de la paille de lin, mais hélas son conditionnement nécessite une manufacture que je ne maîtrise pas. Je les informe également que le produit que j'utilise vient d'Allemagne. Je ne suis pas un spécialiste, mais à priori cette culture ne nécessite pas d'engrais chimiques, il semblerait même qu'elle nettoie les sols, et de ce point de vue, c'est très intéressant.

Mécaniquement la fibre de lin est supérieure à la fibre de verre dans beaucoup de domaines. Aujourd'hui, le seul inconvénient que je lui trouve est son peu de résistance au poinçonnement. Ceci dit, je souligne qu'en fin de vie, le bateau sera incinérable, et il restera moins de 5% de matière non recyclable. Tout le reste, bois, inox, aluminiums, résine et fibre de lin, tout cela sera incinéré ou récupéré directement. L'infime quantité de plastique peut aussi être incinérée.

D'un point de vue technique, l'aspect de surface est préférable avec la fibre de lin qu'avec la fibre de verre. Quand nous regardons une pièce de polyester, nous pouvons quelquefois apercevoir des fibres de verre ou de lin qui marquent plus ou moins la surface extérieure. La fibre de lin marque moins. C'est donc un produit qui pourrait être utilisé pour certaines applications, de manière à obtenir une pièce de meilleure qualité avec de meilleurs finis.

En conclusion, du point de vue de mon expérience, avec la fibre de verre ou la fibre de lin et en utilisant le procédé d'injection sous vide, nous pourrions encore réduire les consommations de matières fossiles en réduisant l'épaisseur, en optimisant la résistance mécanique.

Quand je parle de polyester, je parle de polyester 'écologique', ce qui fait toujours sourire car le polyester n'a rien d'écologique, mais c'est dans la technique et dans la démarche d'une consommation réduite que s'entend cette notion d'écologique'. J'utilise peu de peinture, pas de vernis, pas de lazure, car j'ai effectué des tests qui n'ont pas donné de résultat satisfaisant. En revanche j'utilise tout simplement des huiles naturelles, notamment l'huile de chanvre - qui vient de Bretagne - pour traiter toutes mes boiseries. J'ai déjà fait quelques adeptes, des clients qui viennent chercher cette huile de chanvre chez moi pour traiter des mains courantes, des ponts de bateaux, des parquets, des terrasses... Je trouve le résultat très satisfaisant, l'entretien est facile, on en applique une couche tous les six mois après avoir rincé la pièce et on est tranquille pour un moment. L'huile que j'utilise est une huile déclassée bio et alimentaire.

Faisons un dernier point sur tout ce qui est accastillage. Nous avons supprimé un maximum d'accastillage

sur les bateaux en utilisant des concepts tout simples de matelotage. Sur des bateaux de petite taille, nous pouvons très simplement remplacer une manille par une petite garcette. C'est un geste que nous avons oublié car c'est souvent plus facile d'acheter au shipchandler.

Nous sommes fiers de présenter La Gazelle des Sables sur différentes manifestations, c'est pour nous une façon de montrer que nous sommes capables d'utiliser cette fibre végétale. Si sur les bateaux que l'on vous montre sur les prospectus, il a un gelcoat de couleur, vous ne savez pas ce qu'il y a derrière.

Sur la Gazelle des Sables, nous vous le montrons grâce à son gelcoat transparent, vous pouvez aussi constater que c'est un bateau qui navigue, et même très bien. Nous nous trouvons dans la commune de Mesquer, au sud de la Bretagne, sa devise est 'a terre et mer fidèle'. C'est important parce que les bateaux sont fabriqués à terre, ils naviguent en mer et tout ce qui vient de la mer, revient un jour à la terre. Pour tous les sceptiques qui doutent un peu des qualités de la fibre de lin par rapport à la fibre de verre, je vous invite à prendre une paire de ciseaux et à essayer de couper l'une, puis l'autre.

Question du public : Par rapport à l'osmose, quelle est la réaction?

PB : Les premiers essais que j'ai fait se sont déroulés en milieu industriel, il s'agissait de pièces de cuverie fabriquées à partir d'une résine utilisée depuis environ vingt ans pour faire des cuves enterrées ou des relèvements d'eau. La matrice, en l'occurrence la résine, va entourer la fibre et la protéger. La fibre est l'agent de la résistance mécanique, la résine est utilisée pour la résistance chimique, notamment l'hydrolyse. Nous avons donc affaire à une résine qui a fait ses preuves et qui est tout à fait adaptée au milieu agressif humide.

Du public : L'osmose concerne des bateaux qui ont environ vingt ans, or nous n'avons pas encore assez de recul.

PB : L'osmose est un phénomène naturel. Dans la formulation de la résine, dans sa fabrication, nous allons extraire de l'eau pour obtenir une résine utilisable. Chimiquement, rien ne se perd, tout se transforme. La résine va donc rappeler ces molécules qui manquent au point de départ. Aujourd'hui nous avons à notre disposition, des molécules qui sont beaucoup plus fermées. Pour schématiser, les molécules de base étaient ouvertes, on en extrayait les molécules d'eau, en laissant une ouverture importante. Aujourd'hui nous avons des molécules chimiques fermées, qui laissent moins de passage aux pénétrations d'eau. C'est l'évolution de la chimie. Les nouvelles résines nous posent beaucoup moins de soucis.

Question : Vous avez parlé de polystyrène, mais je n'est pas bien compris.

PB : J'ai parlé de styrène. Dans la résine polyester, il y a globalement 40% de styrène, qui fait partie de la cinétique de durcissement. Cela fait donc partie intégrante de la résine durcie. Nous utilisons le styrène pour diluer la résine polyester afin de mieux l'utiliser.

Question : Ce composite contient-il des produits ignifugeants?

PB : Non, nous pourrions éventuellement en rajouter, mais nous ne le faisons pas, dans le souci de pouvoir continuer à incinérer facilement. Nous ne ferions peut-être pas la même chose s'il s'agissait d'un bateau de grande taille; j'ai vraiment résonné sur des bateaux de petite taille.

Question : quelle est la raison de la couche de polyéthylène?

PB : Il faut imaginer qu'entre le moule et le contre-moule, je viens comprimer mes renforts : le mat de lin ou le mat de verre sont tassés assez finement donc cela crée un frein. Or la résine doit migrer à travers ces renforts de la façon la plus homogène possible, sans laisser de zones non imprégnées, de bulles potentielles. C'est pourquoi nous avons en partie centrale, un tissu drainant en polypropylène, qui favorise le passage de la résine qui peut alors migrer vers les parements extérieurs.

Nous pourrions éventuellement remplacer cette âme par d'autres fibres, mais malheureusement je ne possède pas encore ces matériaux : une fibre plus épaisse, par exemple de la fibre de coco, permettrait à la résine de migrer plus facilement.

Question : J'aurais souhaité avoir une information sur le bilan écologique.

PB : Aujourd'hui je propose à mes clients de leur livrer une Gazelle des Sables en version fibre de verre ou fibre végétale au même prix, c'est au client de choisir. Le premier bilan est le suivant: sur une saison, sur vingt quatre bateaux fabriqués, seulement trois sont en fibres végétales. L'intérêt du public et des acheteurs potentiels est encore trop mince dû au scepticisme du grand public.

Ensuite se pose la question des déchets qui restent à l'atelier: quand ils ne sont pas souillés de résine, ils vont dans le compost. Attention, je ne parle pas du polypropylène qui va dans les déchets recyclables comme les bouteilles en plastique. Lorsque je démoule ma pièce, j'ai une sur-longueur qui est souillée de résine polymérisée et de fibres, cette partie détournée rejoint les déchets ultimes.

Question : Y a-t-il d'autres concepteurs qui utilisent ces méthodes?

FG : Je représente l'association Approche, qui est une association pour la promotion de la construction et de l'habitat écologique. Pourquoi Approche? parce que nous nous définissons comme étant une association qui ne détient pas la vérité, mais qui s'en approche, et qui regarde de près les détails. Nous refusons d'être des ayatollahs de l'écologie en disant que tout ce qui n'est pas cent pour cent naturel doit être écarté. Je pense que dans le domaine de l'habitat, il est impossible de faire du cent pour cent écologique. J'ai été architecte conseil au Parc d'Armorique de 1975 à 1980. A cette époque, c'était à la mode d'enduire les façades des maisons avec du ciment. Les gens décrépissaient leur murs, ils posaient un enduit ciment à l'intérieur et à l'extérieur. J'attirais l'attention de ces mêmes personnes, sur le fait que les murs allaient probablement s'affaisser car ils ne respiraient pas et que le mérule guettait. En effet, des bâtiments se sont écroulés, il y a eu beaucoup de dégâts. Nous sommes en zone maritime, est ce qu'un marin commettrait la bêtise d'enduire de résine l'intérieur et l'extérieur de la coque d'un bateau en bois? La question des murs qui respirent était donc une première approche. C'est bien sûr l'arrivée du ciment après guerre qui a causé beaucoup de dégâts. Il y a un chiffre qui m'a beaucoup surpris. Il y a deux ans j'ai visité la carrière de chaux de Saint Astier. C'est le directeur qui me l'a fait visiter. Etant donné que pour faire une tonne de ciment, il faut une tonne de fuel, je me demandais combien d'équivalent en énergie, de carburant, serait nécessaire pour fabriquer une tonne de chaux. Si je me souviens bien c'est quarante kilos de charbon ; je lui ai fait répéter deux ou trois fois et il m'a dit « Oui mais c'est de la bonne qualité de charbon ». Ils le faisaient d'abord venir du Pays de Galles, ensuite de Pologne puis du Viêt-Nam, et à présent ils le commande de nouveau au Pays de Galles. Il est intéressant de noter cette proportion de quarante kilos pour une tonne, sans compter que les résultats à l'usage sont également importants. Il y a des matériaux qui sont communs à la navigation et à l'habitat. Nous avons le bois – je ne dirai pas la pierre, même si nous savons qu'il y a eu un bateau en granite. En matière d'isolation, nous aimons beaucoup le chanvre. Nous utilisons aussi des fibres de bambou pour raidir les fondations, c'est un élément qui est très prometteur. En ce qui concerne les canalisations tous les PVC sont très polluants. Il y a aussi des pollutions d'origine électrique, comme celle qui vient des câbles non armés et non reliés à la terre. Il y a aussi toutes les pollutions qui ont pour origine l'eau et les peintures, je ne m'attarderais pas sur ce sujet bien connu.

En ce qui concerne les matériaux, du point de vue de l'habitat, j'ai une approche qui peut être remise en cause et que l'on pourrait comparer au problème des bateaux. Pour moi l'architecture écologique c'est avant tout un problème de concept général, et c'est aussi un problème d'urbanisme. Ainsi quand nous parlons d'architecture écologique et que nous nous arrêtons sur des petits matériaux; ou que nous parlons d'éco- constructions qui sont exclusivement deux ou trois petites maisons isolées, le bilan n'est pas intéressant. Il faut donc essayer de revoir le problème plus en amont. C'est à dire qu'il faut considérer l'urbanisme, l'implantation, la sitologie, l'orientation et les non-distances par rapport au transport et à l'usage.

Parlons ensuite de la forme architecturale. Elle évolue en permanence mais on nous bombarde de références 'culturelles' qui n'ont existé qu'à une date donnée. En tant qu'architecte du Parc d'Armorique, je me posais à l'époque, la question de la référence culturelle. L'architecture Bretonne n'a jamais existé, je n'ai toujours connu que des types de construction à tel ou tel endroit – à Ouessant ce n'est pas la même que celle du Cap de la Chèvre, du Conquet ou des Monts d'Arrée. L'architecture Bretonne a été une pure création commerciale. Mettons une croix dessus car ça n'existe pas.

Fions nous à la période et à la référence culturelle. Les constructions dites gallo-romaines, faites de bois jusqu'au Xvème, XVIème siècles, étaient des assemblages qui se démolissaient et se reconstruisaient

rapidement. Ensuite sont apparues des constructions de référence anglaise – pentys et autres. Voici un exemple assez drôle: au Faou, où se trouve mon agence, nous avons des constructions dont tout le monde dit qu'elles sont belles. Elles s'ornent de pans de bois avec des couvertures et des pignons en ardoise. Seulement, à l'origine, il n'y avait pas d'ardoise mais du chaume en couverture, et on ne mettait jamais d'ardoises en façade, mais des bardeaux de bois. Voilà des références culturelles qui sont complètement erronées. Voici une autre référence culturelle qui m'a toujours fait rire: j'étais architecte conseil pour Ouessant; là-bas on crépissait les façades sud pour protéger des vents dominants. Et bien croyez moi si vous voulez, mais par souci d'ornement, les gens décrépissaient leurs façades sud et crépissaient les autres. Je m'arrachais les cheveux en voyant cela ; ici encore l'esthétisme et la référence culturelle sont complètement déviés.

Il y a aussi la question des normes nationales. Toutes les normes actuelles me font bondir parce qu'on applique des normes nationales à des technologies très pointues, très isolantes, avec une très bonne ventilation..., alors qu'ici le climat est particulier, nous avons des bilans énergétiques qui sont relativement différents et dès qu'il y a un peu de soleil nous ouvrons notre porte. Nous sommes dans l'ère de la construction de sous-marins, de bâtiments étanches, où l'atmosphère et donc l'air, doivent être contrôlés et ainsi de suite. Ces techniques ne sont donc absolument pas adaptées à la région, cela me semble être une aberration. Je discutais hier avec une personne qui construisait elle-même sa maison en bois, et cette personne m'a dit qu'elle allait mettre un mur en terre cuite à l'intérieur. Je lui ai dit que son sol pouvait être accumulateur de chaleur, il n'y a pas besoin de mur de terre cuite. Nous parlons de température, d'économie d'énergie, mais nous oublions de parler du confort et de sa définition. Quand j'étais jeune la température idéale était de seize degrés et on avait dix-huit degrés dans le séjour. Aujourd'hui, nous chauffons nos intérieurs de vingt-et-un à vingt-trois degrés. On ne parle que de température de thermomètre alors qu'en fait il faudrait parler de température résiliente. C'est-à-dire qu'il y a différentes notions de température. Le corps représente une surface en échange avec l'environnement par rayonnement. Lorsque vous avez froid vous prenez du journal, dans le temps on prenait un imperméable en nylon et ça vous protégeait complètement parce que vous ne rayonniez pas. Le bilan thermique à la surface du corps à une déperdition entre quarante-deux et quarante-huit pour cent de perte de chaleur par rayonnement. Donc les surfaces qui captent par rayonnance ce sont les parois froides, à savoir les parois vitrées, le carrelage... donc des parois qui sont plus froides que la température ambiante. Les gens pensent que le bois est plus chaud, ce n'est pas vrai. (Le bois a une température de paroi supérieure, de même que le plâtre). Le bois ne pompe pas l'énergie. Donc si vous traitez la surface extérieure de la maison avec des matériaux qui sont non absorbants, il vous suffit d'amener la température intérieure à seize degrés avec le chauffage – (ce sont les calories qui coûtent cher quand on augmente la température) – Si la température de paroi est de vingt ou vingt-deux degrés la moyenne de la température intérieure est de dix-huit ou dix-neuf degrés. Ce sont les degrés superflus qui coûtent cher. Jamais personne ne parle de cette température résiliente. Nous ne parlons plus que de consommation d'énergie, nous produisons vingt-et-un degrés partout, nous recyclons l'air, etc. Le confort, c'est aussi un problème de degrés hygrométriques qu'il suffit de faire baisser pour avoir un sentiment de confort nettement supérieur.

Aujourd'hui il faut tenir compte de ces paramètres et concentrer nos efforts dans la bonne direction. Cela va aider à lancer le marché des nouveaux matériaux, nous allons repenser nos isolations, nos aménagements extérieurs, etc.

Quelqu'un m'a dit qu'il faisait froid chez lui, nous avons donc pris un thermomètre pour constater qu'il faisait la même température dans le salon et dans la véranda. Je lui ai dit de mettre un rideau pour couper l'absorption de la surface vitrée de la véranda et il a constaté qu'il faisait plus chaud, or le thermomètre indiquait la même température. Donc la sensation de confort existe, ce sont des phénomènes de parois froides. Les gens disent qu'ils ont froid avec telle ou telle surface, et effectivement ils ont froid, mais ce n'est pas nécessairement en augmentant le chauffage qu'ils compenseront cette sensation de froid.

J'en reviens aux bateaux et à la conception de l'architecture globale. Pour moi les formes ne sont pas toujours adaptées mais lorsqu'on analyse l'habitat traditionnel, je pense qu'il faut aussi s'en inspirer. J'habitais à Rostudel, au Cap de la Chèvre et la construction y était faite pour protéger des vents dominants, mais les gens construisaient également les maisons aux limites des zones de brouillard, entre terres chaudes et terres froides. Un autre exemple, il y a trente ans de cela nous nous sommes aperçus en regardant Guerlesquin, une commune des Monts d'Arrée, sur une carte d'état major, que l'habitat était vraiment dispersé. Mais en analysant précisément les habitats nous nous sommes rendu compte que l'altitude variait entre cinquante-quatre mètres et deux cent quatre-vingt cinq mètres d'altitude. Toutes les constructions ,

tous les villages de la commune, étaient entre la cote cent soixante-dix et cent quatre-vingt dix mètres d'altitude. Ils étaient tous construits entre ce que l'on appelle les terres chaudes et les terres froides, les terres de culture et les terres de pâture, entre les terres de brouillard et les autres. Voilà donc une observation intéressante. Maintenant les gens veulent monter construire sur les lignes de crête et ensuite ils se plaignent d'avoir plus froid plus froid là-haut ; s'ils restaient au niveau du village ils n'auraient pas de problèmes.

L'observation de l'habitat traditionnel est donc intéressante. La forme et même l'orientation des maisons avaient leur importance. Elles avaient des ouvertures au sud pour se protéger des vents du nord, les bêtes étaient au nord. En montagne c'était l'inverse, les bêtes étaient en-dessous, protégées, l'habitation se trouvait au dessus de l'étable, avec peu de surface latérale donc peu de déperdition. Ils optimisaient les formes. Il faut essayer d'avoir des formes qui soient le plus possible comme une goutte d'eau pour optimiser la surface latérale par rapport au volume. L'objectif est d'avoir des formes qui offrent le moins de prise au vent. Si nous prenons cette donnée en compte, dans 90% des maisons nous rencontrons un problème.

Parlons des matériaux de construction traditionnelle, l'ardoise, le granite ou autre. En réalité les ardoises viennent d'Espagne, quand elles ne viennent pas du Chili, le granite lui, vient parfois de Chine. Nous voulons construire avec les matériaux du pays, or souvent, ils n'en sont pas. Au Parc d'Armorique je rencontrais déjà quelques difficultés avec les architectes des bâtiments de France qui voulaient utiliser de la grosse ardoise des montagnes sur la zone littorale, alors qu'à Crozon dans le temps, on utilisait du chaume. Quand il y avait de l'ardoise, les gens étaient allés la chercher au Pays de Galles parce qu'ils étaient des marins, et le transport maritime leur coûtait moins cher que le transport terrestre. C'est intéressant de savoir qu'au XIX<sup>ème</sup> siècle le transport était déjà écologique, ou du moins adapté, car à ce moment là les moteurs étaient plutôt rares.

Aujourd'hui pour avoir l'autorisation d'apposer des ardoises d'Espagne – parce la quantité est limitée, il faut les faire passer par l'Allemagne afin d'obtenir un coup de tampon. Donc attention quand on parle d'ardoise locale. Il existe également des couvertures à base de fibres, des toitures végétalisées...

Notre mode de vie évolue. Notre mode de chauffage change. Il faut également savoir qu'on ne construit plus maintenant pour cinq générations. Dans le temps personne ne construisait sa maison seul, c'était le village qui décidait de la construction et de l'emplacement de la maison. C'était une décision collective. En France le foncier pose un problème – sur lequel je ne vais pas m'étendre. En Suisse, qui est un pays connu comme étant de gauche, aucune personne ne peut vendre un terrain à bâtir, les terrains ne sont constructibles qu'exclusivement sous la décision de la commune, c'est elle qui achète les terrains et qui les rend constructibles, ce qui n'autorise aucune plus-value sur la constructivité. C'est la collectivité qui met à disposition les terrains, qui les viabilise et qui les met sur le marché. Il n'y a donc jamais de problème de plus-value foncière. En France cette idée, lorsqu'elle a été proposée, a été vite écartée comme étant trop de gauche.

Nous pouvons cependant préserver des sites, et nous pouvons très bien utiliser des matériaux qui sont complètement différents, sans gêner en rien la perception à un kilomètre. Quand on parle de matériaux différents, comme la terre ou les matériaux qui sont issus du sol, l'habitat traditionnel les intégrait parfaitement. On ne voyait pas les maisons parce qu'elles étaient de la même couleur que le sol. Mais la maison étant une preuve de réussite sociale, c'est toujours gênant quand on ne la voit pas. Je reprends un exemple qui date de plus de trente ans: mon épouse, professeur de français, avait demandé à ses élèves de faire une rédaction dont le sujet était: quel est le rêve de votre vie? Globalement pour les filles il s'agissait d'épouser un ingénieur les garçons voulaient construire une maison sur une butte, dans un virage, pour que tout le monde les envie. Voilà le message.

Nous tombons parfois dans des systèmes aberrants et très technologiques alors que le premier geste écologique quand il fait froid c'est de fermer les volets et de mettre des rideaux ou un panneau devant, c'est tout bête. L'important c'est de couper les parois froides. Le bilan énergétique d'un simple vitrage est supérieur au bilan énergétique d'un verre à double ou triple vitrage. Un double vitrage empêche les émanations, mais il empêche aussi les rentrées, alors qu'avec un vitrage simple, il suffit de mettre un système d'occultation la nuit pour empêcher la déperdition. Le capteur simple vitrage est supérieur en énergie. Le concept d'écologie que nous avons actuellement en France c'est le concept des pays nordiques. Là-bas ils ont six mois de froid, de neige, donc il faut tout couper, mais ici au bout de trois jours il fait chaud, il ne fait jamais froid plus de trois jours d'affilée donc le concept n'est pas du tout le même. L'approche doit être complètement différente. On veut nous imposer des normes européennes, donc au final des maisons seront construites à la Réunion avec des façades plein sud pour avoir du soleil. Par contre nous avons réussi à

obtenir un avantage sur les constructions naturelles des îles au nord de la Réunion. On s'est rendu compte qu'il y avait des séismes telluriques importants, certaines constructions ont été faites entièrement en terre pour les pauvres, d'autres entièrement en béton pour les riches et d'autres avec armature béton pour les gens moins riches. Lors des tremblements de terre les habitants se sont rendu compte que toutes les constructions de béton étaient détruites, les constructions avec ossature béton étaient bien secouées, et les constructions en terre n'avaient pas bougé. (app)

FJ : L'association Approche se trouve à Daoulas à la Maison de l'Agriculture Biologique. C'est une association qui se remet en route, nous avons embauché un permanent qui est en place depuis le quinze octobre. Nous intervenons pour donner des conseils, nous relions des professionnels de la conception a des professionnels de la construction, des menuisiers, des professionnels en isolation, etc. et aussi des particuliers. Nous essayons de faire se rencontrer les gens de manière à ce qu'il n'y ait pas simplement une seule vérité. Chacun a à apporter et à apprendre de l'autre.

CL : Ces démarches là sont des démarches originales et c'est essayer dans un secteur d'activité donné de développer des pratiques qui ont un sens écologique. Il y a des choses qui sont développées très généralement au travers des salons écologiques et nous pouvons y voir tout ce qui s'y fait en matière d'environnement. Mais ce qui est nouveau à mon avis c'est ce qui se passe depuis un an ou deux, c'est-à-dire que sur un domaine d'activité donné les gens se rassemblent et essaient d'échanger leurs impressions sur une éventuelle démarche écologique dans leur secteur. Il n'y a pas très longtemps par exemple – on peut s'étonner que cela soit aussi tardif pour un milieu de ce genre – j'ai été invité dans une manifestation où il s'agissait d'avoir une démarche écologique dans le domaine de la santé et du monde hospitalier. En même temps nous voyons bien au travers du type de discussion que j'ai pu entendre hier soir et ce matin toutes les difficultés de cette démarche. C'est-à-dire que chacun se réfère à son vécu, son histoire, prend le problème par son petit bout de la lorgnette, et par ce petit bout il tire le fil, il développe. Seulement il est clair que pour l'instant – nous allons peut-être avoir des surprises – chacun n'a fait que tirer un petit bout, chacun avait deux ou trois préoccupations en tête et a essayé d'être écologiste par rapport à cela, en passant à côté d'autres problèmes. C'est tout à fait normal, c'est cela qui est intéressant. C'est-à-dire que dans ce milieu tous ceux qui ont commencé à réfléchir et à avoir une démarche commencent à se rassembler et à échanger. Et subitement, nous allons nous apercevoir qu'il n'y a pas que les quatre ou cinq problèmes que nous avons identifiés mais qu'il y en a cinquante auxquels nous n'avions pas du tout pensé. On m'a demandé de venir vous parler de santé dans ce contexte là. En fait j'ai envie de vous parler d'une manière très générale. Je suis médecin, je suis chercheur au CNRS et je travaille à la faculté de médecine de Rennes I. Je m'intéresse depuis que je fais de la médecine, aux problèmes de toxiques et essentiellement aux risques chimiques.

Quels sont les problèmes que nous posent les produits chimiques du point de vue de la santé aujourd'hui , et quels sont les problèmes par rapport auxquels il va falloir réfléchir pour être vraiment écologistes et si nous voulons vraiment protéger la santé des utilisateurs dans le milieu de la navigation, des constructeurs et de la population ?

Il faut très vite dépasser un certain nombre de notions un peu simplistes. Pratiquement – j'ai entendu plusieurs remarques qui allaient dans ce sens-là – ce qui est naturel n'est pas forcément sain, et même pas du tout. Comme disait un comique la nature est hostile. C'est tout un apprentissage qui nous a fait trouver notre place et nous protéger par rapport à cette hostilité globale. Lorsque nous parlons de matériaux ou de produits dangereux, prenons l'amiante, c'est tout ce qu'il y a de plus naturel, mais à l'instar de la silice, c'est aussi catastrophique. Tous ces produits dangereux sont au départ des produits naturels. Donc la question ne se pose pas en termes de produits naturels ou non naturels mais plutôt sur la façon d'utiliser ces produits.

Le même produit peut être mauvais ou bon, cela dépend de beaucoup des situations.

Les débats nationaux, dont vous avez eu des échos récemment, ont un intérêt dans le genre de démarche que nous avons. Autrement dit il y a enfin une reconnaissance au plus haut niveau de l'état de l'importance de ces problèmes. Toutes nos démarches s'en trouvent légitimées. Cela était déjà amorcé, mais aujourd'hui les décisions viennent du plus haut niveau de l'état. Que va -il se passer ensuite ? Il est certain que rien de concret n'est gagné, par contre ce qui est très important c'est que ces questions ne sont plus posées seulement par des marginaux, ce sont de vraies questions de société . C'est un acquis formidable par rapport à tout ce que nous avons eu comme difficultés. Cela fait des décennies que je travaille dans ce contexte et je mesure l'écart entre le moment où nous étions à peine tolérés, et aujourd'hui, où l'état valide

le caractère fondamental de ce questionnement et s'engage dans une démarche de changement des comportements. En fin de compte nous commençons à gagner la partie, il y a de vrais problèmes qui commencent à être reconnus socialement dans ce pays – qui est, il faut avoir cela bien présent à l'esprit, l'un des plus retardés parmi les pays les plus développés.

Si nous réfléchissons aux problèmes que peuvent engendrer les produits chimiques, nous sommes confrontés à des problèmes anciens mais aussi à des questionnements tout récents. Autrefois nous avions conscience des dangers que représentaient un certain nombre de produits parce que nous en avons une expérience directe. Si on respirait tel produit cela faisait tousser, si on mangeait tel autre on tombait malade etc. Tout cela était de l'ordre du concret et de l'immédiat. En revanche prenez l'exemple de l'amiante : si vous en respirez les fibres vous ne sentez rien du tout, il ne passe rien. Pourtant vous allez contracter un cancer vingt ou trente ans après. Il y a donc des choses totalement nouvelles qui apparaissent. Autrement dit nous allons sortir de notre expérience immédiate pour nous apercevoir que hors de celle-ci il peut se passer des choses, y compris des choses graves, du point de vue de la santé de notre organisme, de son fonctionnement, et cela sans aucun signes avant-coureurs. Dans ce domaine les grandes nouveautés datent de la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, mais dans notre société qui ne se préoccupe pas de faire connaître ces questions, il va falloir attendre le siècle suivant pour commencer à en parler sérieusement.

Quelles sont les questions qui vont émerger ? Je vais en énumérer trois ou quatre dont je vais parler en quelques mots.

La première concerne les effets différés sur la santé. Je viens de parler d'amiante et c'est un bon exemple. Les conséquences de l'amiante se font sentir des années après et, éventuellement, sans aucune perception ou réaction au moment de la contamination, ou du contact avec le polluant. Dans ce cas précis de contamination par l'amiante que vous connaissez tous, nous aboutissons à de nombreux cancers. Heureusement ce n'est pas systématique, mais ça donne tout de même une proportion importante de cancers dans la population, ou, comme nous disons dans notre jargon ça multiplie les risques. D'autre part ces pathologies apparaissent vingt, trente, quarante, voire cinquante ans après que la personne ait commencé à être exposée aux risques. C'est donc là une première notion, on peut avoir des pathologies graves qui surviennent très longtemps après et sans qu'on ait eu aucun signal. De ce point de vue là c'est aussi une nouveauté, c'est-à-dire que lorsque vous avez des connaissances de ce genre, elles ont un côté abstrait. Vous ne pouvez pas vous rendre compte de cela par vous-même. Comment est-ce qu'on voit l'apparition de ces pathologies ? Et bien éventuellement plusieurs décennies après on fait des études dans les populations qui ont été concernées et on met en relation de façon très mathématique et purement scientifique. Cette connaissance est vraiment une construction scientifique, vous ne pouvez pas l'imaginer.

Je viens de parler d'amiante avec les effets cancérigènes à retardement, mais on en connaît d'autres : le tabac, l'alcool, la dioxine, etc. Actuellement nous avons environ une centaine de produits qui sont connus pour être des cancérigènes pour l'homme. On y ajoute quelques dizaines d'autres qui en ont le profil. Mais si on y regarde bien, cela représente une centaine de produits par rapport à quatre cent produits pour lesquels nous n'avons des connaissances. Notre organisme de référence sur le cancer, l'organisme international de l'OMS, a essayé de donner un avis sur environ un millier de produits ; eh bien sur la moitié, il ne peut se prononcer car les connaissances ne sont pas suffisantes. Sur environ quatre ou cinq cent produits, cet organisme a pu certifier que seulement une centaine de produits étaient cancérigènes, n'ayant pas aujourd'hui, assez de recul pour tout les autres produits.. Dans les documents de mise en œuvre du programme européen Reach on considère qu'il y a environ cent mille produits qui sont concernés. Cela ne veut pas dire que c'est ceux-là que nous allons traiter, car c'est impossible de tout traiter d'un coup, mais vous voyez que par rapport à ces cent mille produits il y en a environ quatre cent pour lesquels nous n'avons pu donner un avis et une centaine pour lesquels nous avons dit qu'ils étaient cancérigènes. Vous voyez le travail qu'il reste à faire pour qu'on puisse situer les problèmes quand on réfléchit par rapport à l'action cancérigène.

Cette première question vous en avez déjà beaucoup entendu parler. Ce qui nous préoccupe beaucoup depuis une dizaine d'années, et c'est un autre élément tout à fait nouveau, c'est ce dont vous entendez parler comme étant un phénomène perturbateur du système endocrinien. Un exemple qui commence à être connu c'est celui de la dioxine, un produit qui est assez intéressant à analyser de ce point de vue là. Perturbateur endocrinien cela veut dire que ces molécules sont présentes dans notre organisme et vont venir interférer dans les processus de régulation hormonale. Or vous savez que tout le bon fonctionnement de notre organisme est complètement sous la dépendance de régulations hormonales. En plus vous savez que dans l'histoire de notre organisme, depuis notre naissance jusqu'à la fin de notre vie, nous avons des

périodes critiques. Au début dans le ventre de notre mère et dans les premiers temps, par la suite dans les débuts de la croissance. Ensuite vous avez la crise de l'adolescence qui représente un gigantesque bouleversement hormonal, c'est une mécanique de précision où la présence d'agents perturbateurs peut avoir des conséquences, maintenant nous le savons. Même si nous n'avons pas toutes les certitudes sur ce qui se passe, nous savons que c'est une période de grande perturbation, et qu'elle joue un rôle majeur. Et puis il y a d'autres périodes de changement dans la vie, comme la ménopause et autres, pendant lesquelles ces phénomènes vont avoir une importance. Donc nous sommes tout le temps soumis aux régulations hormonales mais beaucoup plus encore dans certaines phases critiques de notre existence. Or nous sommes en train de nous apercevoir que beaucoup de produits, qui sont dispersés très largement dans notre environnement – avec lequel nous sommes en contact permanent – ont des propriétés qui peuvent interférer dans notre organisme parce qu'ils ont des similitudes avec nos propres molécules. Par exemple nos hormones, pour agir sur une cellule, vont se fixer sur un récepteur; et bien ces molécules dont nous parlons en tant que perturbateurs hormonaux, sont capables d'aller s'y fixer à la place des hormones. Cela va donc déclencher toutes sortes de perturbations et il y en a une grande variété, sachant que nous ne sommes qu'au début de la découverte des différentes formes de perturbations que cela peut induire. Les perturbations peuvent faire comme s'il y avait plus d'hormones que prévu, elles peuvent bloquer le fonctionnement des hormones. Comme ce sont des produits aberrants du point de vue de la logique physiologique de l'organisme, ils peuvent faire n'importe quoi.

Aujourd'hui nous parlons globalement de perturbateurs endocriniens, mais il est probable que dans dix ou vingt ans nous parlerons de catégories de perturbateurs parce que nous aurons pu faire une typologie dont nous ne disposons pas aujourd'hui.

On parle de dioxine mais il n'y a pas que cela. La dioxine ce sont des organochlorés, une grande catégorie de pesticides sont des organochlorés. Il y a aussi des organohalogénés qui ne sont pas des organochlorés mais des organobromés et qu'on utilise très largement comme retardateurs de flamme. Donc dans de nombreux matériaux, comme dans le polystyrène qui brûle presque mieux que le papier, on met tout le temps des retardateurs bromés pour empêcher que ça brûle. Quand nous mettons tous ces produits organobromés dans un incinérateur, cela produit des dioxines chlorées, des dioxines bromées etc. Là-dedans il y a des centaines de produits et parmi eux quelques dizaines dont on connaît maintenant la toxicité.

Cela fait environs trente à quarante ans que nous comprenons qu'il y a des effets cancérogènes. Cela fait une dizaine d'années que l'on sait qu'il y a des effets perturbateurs endocriniens ; Al Gore avait préfacé un livre de référence intitulé *L'homme en voie de disparition ?*<sup>1</sup> que je vous conseille de lire car il parle de ces effets perturbateurs endocriniens qui sont connus et sur lesquels l'alerte est donnée depuis une dizaine d'années.

Quels effets de ces perturbateurs endocriniens a-t-on remarqués ? Je vais en dire deux mots et je passerai à la suite. Par exemple cela touche à la fonction de reproduction. On va donc vous parler de stérilité, d'avortement, d'anomalies congénitales, de modifications dans le rapport des sexes, d'inversion. Par exemple il y a toujours un peu plus de garçons que de filles dans l'espèce humaine, et bien il y a des molécules de type perturbateur endocrinien qui vont, par une action dont on ne connaît pas le détail pour l'instant, faire que tout à coup, les couples vont engendrer plus de filles. Par exemple dans la population de Seveso qui avait été intoxiquée par la dioxine à la suite d'une explosion, dans les premiers temps, il n'y avait que des naissances de filles. Dans l'espèce humaine comme dans n'importe quelle espèce, s'il ne reste qu'un seul sexe je vous laisse imaginer les conséquences à terme. Nous avons beaucoup parlé de l'impact de ces molécules sur tout ce qui concerne le système de reproduction, puisqu'il est un des éléments clé du système hormonal, mais cela touche tout un tas d'autres fonctions endocriniennes, c'est-à-dire qu'en réalité toutes les fonctions sont susceptibles d'être touchées. Par exemple avec la dioxine on a très souvent montré des augmentations du nombre de cas de diabète. Donc lorsqu'on parle du problème de poids dans la population et d'autres anomalies, il faut peut-être faire plus d'exercice physique mais il est probable que cela ne suffise pas. Faire attention à notre alimentation ne suffit probablement pas non plus car il y a sans doute aussi des facteurs qui induisent sur des perturbations, des régulations y compris de la glycémie, qui est une régulation comme une autre.

Tout cela nous préoccupait déjà pas mal et nous avons envie de faire partager ces préoccupations, parce que si nous voulons réagir et changer les choses il faut que tout le monde soit conscient du problème. De ce point de vue, je souhaite signaler par rapport à certaines remarques qu'il ne faut pas avoir peur de critiquer, nous sommes dans une société frileuse quand il s'agit de se faire entendre. Je veux dire que si nos

1

L'Homme en voie de disparition ? de Colborn, Dumanoski et Myers – éd. Terre Vivante

ancêtres n'avaient pas pris la peine de décortiquer ce qui se passait dans leur vie, de s'opposer de façon radicale, ils n'auraient jamais identifié clairement leurs problèmes pour être capables de les résoudre et de passer à autre chose. Tout ce que nous avons autour de nous n'existe que parce qu'il y a eu des gens avant nous qui ont critiqué radicalement. N'ayons pas peur d'aller au fond des choses, arrêtons de dire qu'il ne faut pas parler des sujets qui fâchent, c'est pitoyable. Jamais l'espèce humaine n'aurait progressé avec de tels concepts. Au contraire, plus nous irons loin, plus nous toucherons aux racines du problème ; et à ce moment là lorsque nous voudrions reconstruire quelque chose nous avons une chance que ce soit quelque chose d'intelligent.

Je disais donc que déjà nous avons sur les bras de fâcheux problèmes que nous avons envie de partager, parce qu'il faut justement y réfléchir tous ensemble, mais en plus nous nous sommes aperçus que ces problèmes survenaient à des doses extravagantes. C'est-à-dire à des doses que nous ne savions même pas mesurer il y a vingt ou trente ans. Et bien nous nous sommes aperçus que non seulement il se passait des choses au niveau de la santé de nos organismes, mais en plus que ça pouvait être source de problèmes majeurs. Quand je parle de doses infinitésimales, nous ne sommes plus dans le milligramme ou dans le microgramme, vous savez que nous sommes dans le nano-monde et, pour la dioxine par exemple, on peut même descendre au picogramme. Donc pour protéger les gens il faut des doses qui sont de l'ordre du picogramme, qui est encore mille fois plus petit que le nanogramme, donc un million de fois plus petit que le microgramme.

Ce qui pose problème c'est que quand je fais des remarques je m'appuie sur des expériences pour lesquelles en général, et c'est déjà très compliqué, nous avons étudié des polluants un par un. Mais ce qui fait la différence aujourd'hui, c'est que les polluants n'agissent pas un par un. La plupart du temps nous sommes exposés à N polluants, et je dirai même que le monde chimique dans lequel nous vivons est un monde nouveau. Ce monde chimique date de la deuxième moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, il date d'après-guerre. Les seules générations dont les parents ont vécu dans un monde chimique, donc avant leur conception, sont issus de la période post seconde guerre mondiale. Les questions auxquelles nous sommes en train de réfléchir aujourd'hui sont des questions vraiment nouvelles de ce point de vue là. Cela n'a jamais existé avant. Nous vivons dans un monde , constamment exposés à des polluants, disons des produits chimiques, dont certains sont très dangereux. La résultante sur notre organisme, c'est la combinaison de l'action de tous ces polluants. Et ces produits, même quand ils se trouvent à des doses infimes, n'agissent pas seuls, mais en synergie avec un tas d'autres produits.

YG : Y a-t-il dans le secteur d'activité qu'est la construction navale, des choses qui représentent un danger particulier ? Je pense aux solvants, au styrène etc.

CL : Je viens de vous dire que ce qui est important c'est que nous allions plus loin dans la critique, donc il ne faut pas s'en tenir à tel ou tel petit produit. Si vous voulez faire des bâtiments sains ou de l'éco-navigation, il faut que vous réfléchissiez à ces questions là. C'est à partir de cela que vous allez pouvoir dire : Ce produit que j'utilise, il pose quel problème du point de vue de la santé de celui qui va le fabriquer, de celui qui va l'utiliser, de la population en général ? Que va-on en faire après? Le brûler ? En général ce n'est pas la solution. L'une des choses les plus stupides que nous faisons en ce moment c'est que nous mettons les ordures dans un incinérateur. Qu'est qu'on y fait surtout brûler ? Des matières biologiques, c'est-à-dire soixante-dix à quatre-vingt pour cent d'eau. Donc qu'est-ce nous cherchons à faire brûler ? De l'eau. Si vous avez déjà réussi à faire brûler de l'eau je veux bien que vous me l'expliquiez. Pour moi l'eau ça éteint le feu. Donc comme ça ne brûle pas bien, on est obligés de rajouter plein d'autres matières pour pouvoir l'enflammer, sinon ça ne marcherait pas. Il faut donc réfléchir à tous les maillons de la chaîne. Lorsque vous avez des produits avec des matériaux utilisés et qu'ensuite vous les mettez dans l'incinérateur, c'est toute la population qui va en bénéficier. Si vous laissez votre bateau au fond de la mer, les produits vont se dégrader et se balader. A ce moment là c'est tout votre écosystème qui va être pollué. Donc ça ne va pas concerner uniquement les gens de mer mais toute la population qui va éventuellement se nourrir ou utiliser les produits de la mer. La dernière notion que je voulais donner est une notion générale, et c'est à partir de notions comme cela que vous allez commencer à réfléchir à chacun des problèmes concrets que nous évoquons.

Nous avons vécu pendant un certain temps avec l'idée que nous allions grosso modo pouvoir diluer nos déchets. On disperse des polluants dans l'air et on les jette dans l'eau en se disant qu'on ne va plus en entendre parler. La leçon de ces dernières décennies est que ce n'est pas si simple que cela. Vous dispersez

des polluants dans l'air mais ils sont toujours là et dans certaines situations ils vont se concentrer. Prenons l'exemple du mercure – j'aurais aussi pu prendre le tributylétain - vous jetez le mercure dans la mer, mais après il va être incorporé dans la chaîne alimentaire. Il y a beaucoup de produits chimiques qui ont des caractéristiques semblables. Ils vont être incorporés dans la chaîne alimentaire. Plus le poisson va être gros, plus il va être pollué. Prenons une mer extrêmement polluée comme la mer Baltique, une mer pleine de poisson, et bien nous sommes obligés de recommander aux gens de ne pas en manger trop souvent le poisson. Tous les sédiments marins de la Baltique sont pollués par du mercure, du plomb, du cadmium, de la dioxine, des PCV et autres 'saloperies' en tous genres que nous avons accumulés en y jetant tout et massivement pendant des décennies. Nous avons fait la même chose ici, quelqu'un parlait de la Seine et bien c'est un énorme égout à ciel ouvert.

Quand on réfléchit aux produits qu'on utilise, il faut se référer à l'incidence de ces produits sur l'environnement, s'il vont disparaître ou au contraire être incorporés dans une chaîne et provoquer un phénomène de bio-accumulation comme ceux dont je viens de parler.

Là vous voyez, j'en parle d'une façon générale mais nous sommes dans le concret. Tout ce que j'ai entendu des discussions précédentes nous pourrions en rediscuter. Par exemple cette démarche d' « éconavigation », comment pourrions-nous l'articuler avec ce type de préoccupations ?

Pour conclure revenons sur ce que j'ai dit au début, c'est-à-dire que dans cette démarche nous en sommes aux premiers pas et c'est justement intéressant d'ouvrir la discussion entre différents spécialistes. Autrement dit il nous faut échanger l'information, les savoirs, pour que progressivement nous nous donnions une chance de faire émerger une vraie démarche. Il faut que nous nous mettions sur des bonnes voies de solutions et que nous ne restions pas, parce que nous serions partis de deux ou trois préoccupations, sur une voie qui est tout autant une impasse que la solution précédente. Il va donc falloir induire ce type de décalage. C'est ainsi que nous allons nous préoccuper de la santé des gens de mer et de la santé des constructeurs. Nous pourrions reprendre le processus de conception du bateau depuis le début jusqu'à la fin, il y a beaucoup à dire sur tous les produits qui sont utilisés. Cette discussion est nécessaire parce qu'elle soulève de nombreux problèmes. Prenons par exemple le cas des enfants. Dans nombre de cas les jeunes enfants sont encore plus fragiles que nous par rapport à certains polluants et certaines émanations toxiques. Leur appareil respiratoire est encore fragile et il n'en ont qu'un seul pour la vie.

Il va donc bien falloir réfléchir. On trouve du tributylétain partout dans les ports et dans les boues qu'on ne peut même pas draguer. Il n'y a pas longtemps il était question de draguer ces boues dans un aber, peu importe lequel. Aussitôt un producteur d'huîtres a hurlé et il avait raison. Draguer ces boues est impensable, parce qu'on va les remettre en circulation et les organismes marins filtrants vont en récupérer le tributyl étain et le concentrer. Voici donc des questions que tous les gens de mer, constructeurs et population doivent méditer.

Du public : Les anti-fouling autrefois étaient à base de plomb, ensuite à base de zinc, aujourd'hui nous sommes passés à des anti-fouling qui sont théoriquement plus écologiques. Moi qui suis un utilisateur ponctuel, quand je me servais d'un anti-fouling à base de plomb je faisais peut-être plus attention, mais quand j'en avais sur les mains ça ne me brûlait pas. Lorsque j'ai testé un anti-fouling plus moderne, soi-disant respectueux, la moindre goutte sur la peau me provoquait immédiatement une brûlure. J'ai l'impression que ce produit est toxique mais pas encore rattrapé par toute la réglementation et les contrôles de toxicologie, etc. Est-ce que parfois un produit plus ancien et connu pour sa dangerosité n'est pas quelque-part plus sain qu'un produit plus récent ? Qu'en pensez-vous ?

CL : Il y a de grosses préoccupations qui sont liées à la pollution du milieu marin et de grosses préoccupations par rapport à la population en général. C'est donc très bien que ce milieu s'en préoccupe et, à terme, on va peut être pouvoir résoudre certains problèmes. Je ne suis pas un spécialiste du milieu maritime et donc je suis aussi venu parce que j'avais envie de comprendre et de savoir ce qu'on utilise aujourd'hui comme matériaux, comme techniques, quels sont les produits utilisés et dans quel cas. Pour ce qui est des anti-fouling je n'en sais rien. Il y a actuellement beaucoup d'idées qui sont émises sur d'autres anti-fouling, ou pas d'anti-fouling du tout, d'autres technologies de matériaux, etc. Il y a donc beaucoup de propositions. De toute façon, le plomb, le mercure, sont des toxiques et on le sait depuis des milliers d'années. Ce sont des métaux qui n'ont aucune utilité dans notre organisme, d'où leur toxicité. Il est évident que moins vous en utiliserez, mieux vous vous porterez. J'ai fait un jour une présentation sur l'histoire du mercure avant la révolution industrielle, en partant du néolithique. Nous pourrions aussi retracer l'histoire du plomb avec ses cycles, où progressivement on découvre les propriétés nocives de ce métal, puis on s'en

protège et on découvre à ce moment là que même à des niveaux moins élevés il y a encore des problèmes et ainsi de suite. Par ailleurs, comment nous sommes-nous aperçus que l'amiante était cancérigène ? Au début nous ne pouvions pas le savoir parce que les gens qui travaillaient l'amiante, les premiers qui auraient pu avoir des cancers, mouraient entre trente et quarante ans donc ils étaient morts bien avant d'avoir contracté le cancer. C'est quand nous avons commencé à mettre en place des mesures de protection que les ouvriers de ce secteur ont pu protéger leur santé ; par la même leur longévité s'est accrue et nous nous sommes aperçus qu'au-delà des premiers problèmes rencontrés, il y en avait d'autres qui surgissaient.

En ce qui concerne les différents anti-fouling, je ne connais pas bien les techniques, mais il serait judicieux de former des gens à la toxicité de ces produits, pour pouvoir répondre aux questions. C'est pour cela qu'il faudra des groupes de travail. Si j'ai répondu à l'invitation c'est parce que je trouvais intéressant que votre démarche englobe aussi la question de la santé, car sans cette donnée cruciale, cette démarche ne pourrait pas être considérée comme écologique. C'est la raison pour laquelle je suis venu vous apporter mon soutien et mon aide. Si demain votre démarche aboutit, il vous faudra des conseils en permanence parce que vous aurez des choix technologiques à faire, et pour cela différentes compétences seront nécessaires, y compris de type toxicologiques.

Par exemple dans les médicaments il y a des moments ou lorsque l'on teste des nouvelles molécules et que l'on s'aperçoit que tel type de molécule pose des problèmes, on l'élimine, on cesse de travailler dans cette direction. Toutes les autres molécules qui sont supposées se rapprocher ou comporter dans leurs structures des composantes similaires à la molécule toxique sont abandonnées parce qu'il y a une forte probabilité pour qu'elles soient également toxiques. Ensuite on se concentre sur d'autres alternatives et d'autres solutions. Je crois que dans la réflexion à toutes les étapes de la construction d'un bateau, il y a des moments où il faut bien réfléchir à ce que l'on utilise, aux problèmes que l'on est susceptible de rencontrer... Il faudra avoir des compétences en matières d'effets sur la santé humaine et d'effets sur l'environnement en général parce que nous ne sommes pas seuls sur cette planète. Nous ne sommes qu'un élément interdépendant des autres éléments de notre environnement écologique. Nous sommes dans une niche que nous ne pouvons pas changer sous peine de disparaître. Nous sommes aussi dans l'interdépendance avec tous les autres organismes vivants, une interdépendance qui est très subtile, c'est-à-dire qu'il suffit de perturber un tant soit peu ce système pour casser toute la machine.

Du public : Il y a eu une rencontre avant-hier sur le développement durable où se trouvait Jean-Yves Langlois, patron de Nautix et fabricant de peintures et d'anti-fouling, en collaboration avec l'UBS en partenariat avec la Région et d'autres partenaires. Jean-Yves Langlois disait simplement « Nous ne faisons pas d'anti-fouling de plus en plus bio mais nous nous efforçons de les faire de moins en moins polluants ». C'est une nuance importante parce qu'il dit qu'il ne peut pas prétendre avoir des produits entièrement inoffensifs. D'autre part ce n'était pas exactement du plomb qu'il y avait auparavant dans les anti-fouling mais de l'étain, qui est aussi un métal lourd très dangereux. Il y a donc des recherches qui ont lieu depuis déjà une dizaine d'années.

Du public : En même temps ces anti-fouling de substitution datant d'une dizaine d'années nous en mettons bien plus souvent donc ça n'était pas vraiment intéressant.

Du public : Oui c'est peut-être plus cher à mettre en application. Si nous carénons avec de l'eau sous pression, plutôt de l'eau de mer en l'occurrence, nous aurons des manipulations plus fréquentes. Mais cela a un coût. Par ailleurs en ce qui concerne la construction nous sommes plus soucieux des effets des différents produits, styrène etc. Nous utilisons de plus en plus l'injection et d'autres pratiques de ce type qui sont plus intelligentes. Il y a aussi le souci de protéger les salariés des chantiers. Une discussion a été menée récemment par la médecine du travail en Finistère pour pouvoir définir les effets pervers de produits comme le styrène entre autres. Il y a aussi depuis deux ou trois ans un travail à la mise en place d'aides départementales, le Conseil Général apporte une aide de 3% sur les investissements dans des équipements d'aspiration etc.

Du public : C'est vrai que nous nous posons toujours des questions sur les produits qui existaient auparavant mais nous n'avons toujours pas les moyens de comprendre ce qui se passe maintenant avec les nouveaux produits.

CL : Je n'ai pas complètement répondu à votre question, du moins pas concrètement, semble-t-il. Le tributylétain, par exemple, est un perturbateur endocrinien type, bien démontré sur les espèces animales. Nous sommes donc dans un problème de perturbation des systèmes hormonaux.

Maintenant en ce qui concerne les substituts, il convient de rester prudent. Autrefois je me suis beaucoup impliqué dans les problèmes que créait l'amiante et pendant très longtemps, l'industrie de l'amiante et ses industriels ont fait de la résistance, prétextant que si l'on connaissait les problèmes de l'amiante, en revanche on ne connaissait pas ceux que risqueraient de poser les substituts. En tant que responsable pendant plus de dix ans de programmes nationaux au Ministère de la Recherche dans le domaine de la toxicologie et de l'épidémiologie, j'ai entendu le discours de ces industriels à maintes reprises.

Je peux vous dire par exemple que quand je les ai reçus dans mon bureau, je leur ai proposé de les financer sur un programme de recherche de produits de substitution afin de remplacer l'amiante. Ils ne sont jamais venus chercher l'argent. En vérité, ils menaient déjà des recherches, et accepter de prendre l'argent public signifiait qu'ils auraient été obligés de rendre publiques les résultats de ces recherches, et ils ne le voulaient pas. Ils voulaient garder confidentiels ces résultats pour pouvoir les utiliser selon leur bon vouloir.

Il y a donc des arguments qui ressortent tout le temps. Quand un produit commence à être mis en cause, les industriels rétorquent « Oui mais vous ne connaissez pas bien les dangers des solutions de remplacement ». C'est vrai, mais qu'est-ce qu'on attend pour mettre en route des programmes pour les étudier, pour voir si il existe des solutions de remplacement.

Nous parlions d'incinération tout à l'heure, et bien ce sont ces même industriels qui vont construire les usines de traitement de déchets pour demain. Pourquoi pas ? Pour l'instant ils ont une belle rente de situation, ils ont mis des incinérateurs partout, tout le monde paie et nous allons payer de plus en plus cher. Les industriels ne tiennent pas à perdre leur marge de manoeuvre. En ce qui concerne les solutions de remplacement, il y a donc une vraie question, et il y a un vrai faux débat qui est alimenté par des gens qui ont intérêt à ce que rien ne bouge. Ces questions suscitent tout le temps des conflits d'intérêt, car ces intérêts sont considérables et cela biaise souvent les débats, y compris les débats scientifiques.