

# L'évaluation des impacts environnementaux d'un

PIERRE-MARIE GUINEHEUC, CHRISTOPHE SAINT-MARTIN<sup>[1]</sup>

*Lors du séminaire sur l'écoconception organisé par le GREC3D<sup>[2]</sup> de Toulouse sous la direction de Marc Rubaud<sup>[3]</sup>, l'auteur a présenté une étude complète ayant pour support un safran de bateau. Cette étude passe en revue toutes les étapes du cycle de vie, « du berceau à la tombe », de manière à comparer les impacts environnementaux d'un produit fabriqué dans un matériau classique avec ceux du safran fabriqué en polypropylène par un nouveau procédé exclusif de la jeune société française Hacoma.*

La problématique environnementale occupe une place de plus en plus centrale et devient aujourd'hui un facteur important dans les prises de décisions politiques, économiques, industrielles et individuelles.

Le développement de l'économie par la consommation a atteint certaines de ses limites, et l'homme doit faire face à la disparition des ressources naturelles et aux impacts de son activité sur son environnement et sa santé. Pour l'avenir de la société du XXI<sup>e</sup> siècle, accorder développement économique et environnement devient donc une urgence. L'écoconception de produits ou de services est un moyen de réduire les impacts de l'activité humaine sur l'environnement. Elle peut devenir un des piliers d'une démarche de développement durable.

## L'étude

Le safran est une partie du gouvernail d'un bateau permettant de dévier le flux d'eau sous la coque pour changer la direction du navire. Il est constitué d'un plan vertical pouvant pivoter

[1] Respectivement : chargé de mission écoconception et évaluation environnementale, société Systèmes durables ; gérant et cofondateur de la société Hacoma.

[2] Groupe de Réflexion sur l'Enseignement de la Construction avec l'outil 3D en LT et LP.

[3] IA IPR STI de l'académie de Toulouse.

autour de deux axes liés à la coque (un vertical pour l'orientation et l'autre horizontal pour la levée du safran à l'arrivée sur la plage). Les doubles safrans permettent une meilleure efficacité lorsque le voilier est à la gîte (inclinaison transversale).

Les safrans produits par Hacoma ont pour vocation de prendre place sur de petits catamarans de sport de la société 2win<sup>[1]</sup>. Ces safrans constituent une rupture technologique, car ils sont fabriqués avec une matrice

**mots-clés**  
écoconception, matériaux, procédé



thermoplastique et non pas avec une matrice therm durcissable comme tous les autres safrans du marché. Cette particularité semble être *a priori* un avantage environnemental, car les résines thermoplastiques demandent moins d'énergie lors de la mise en œuvre et sont potentiellement recyclables.

Le safran Hacoma est constitué de fibre de verre (60 %), de polypropylène (PP) (25,5 %), d'une matrice de remplissage nommée pour l'étude « composant 1 » (9,6 %), d'un « composant 2 » (3,2 %), et d'un « composant 3 » (1,7 %). Son concurrent est un safran dit classique composé de fibre de verre (58 %), d'époxy (32 %), de mousse polyuréthane (9 %) et d'un « composant 3 » (1 %). Nous appellerons « safran époxy »<sup>[2]</sup>.

Afin de confirmer ses choix de matériaux, l'entreprise Hacoma a chargé en 2007 la société Systèmes durables d'analyser et de comparer les impacts environnementaux des deux safrans, le sien et l'époxy. Les



**1** Un catamaran de la gamme 2win et son safran Hacoma

© RICHARD LORET

# safran

limites de validité de cette étude sont liées aux hypothèses établies conjointement avec Hacoma.

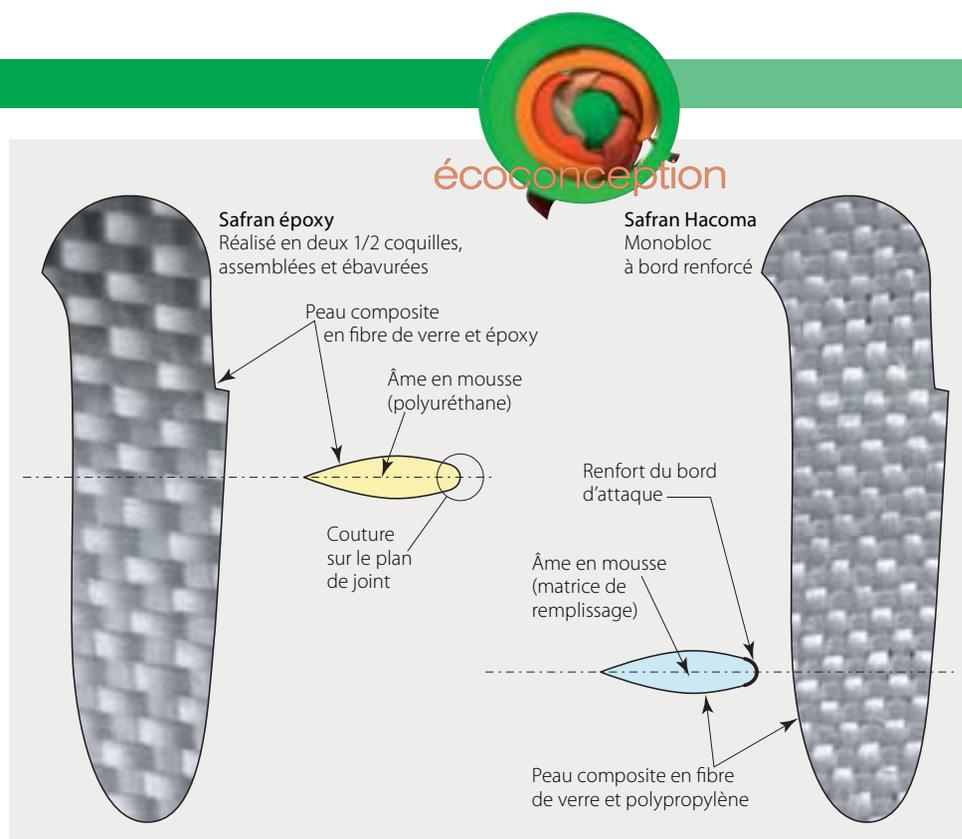
## La méthodologie

La méthode utilisée pour évaluer et comparer les impacts environnementaux des différents safrans est l'ACV (Analyse du Cycle de Vie). Cette méthode normalisée permet d'évaluer les impacts environnementaux d'un produit ou d'un service à chaque étape de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières au traitement du déchet (« du berceau à la tombe »).

Cette étude a été réalisée conformément à la série des normes ISO 14040. La norme ISO 14040, « Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre », décrit les caractéristiques essentielles de l'ACV et les bonnes pratiques de conduite d'une ACV. La norme 14041 porte plus particulièrement sur la « définition de l'objectif et du champ d'étude » et sur l'« analyse de l'inventaire ». La norme 14042 précise les principales caractéristiques de la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie ». La norme 14043 exprime des exigences et recommandations pour mener l'« interprétation du cycle de vie » ; la norme ISO 14044, les « exigences et lignes directrices ». Ces nouvelles normes, avec la version de 2006 de l'ISO 14040, annulent et remplacent l'ISO 14041:1999, l'ISO 14042:2000 et l'ISO 14043:2000.

## L'unité fonctionnelle et les produits étudiés

L'unité fonctionnelle est l'unité de référence dans l'analyse du cycle de vie. Elle permet d'exprimer les impacts pendant une durée de vie prédéterminée (appelée aussi durée de vie typique ou DVT). Elle rend possible la comparaison entre deux scénarios, les éléments comparés



2 La constitution des safrans époxy et Hacoma

devant répondre à la même fonction pendant la même durée.

Dans notre cas, l'unité fonctionnelle choisie est un safran de catamaran de sport de 15 pieds, utilisé pendant vingt années dans des conditions d'utilisation dites normales (utilisation en France métropolitaine, 5 000 heures de navigation).

Les deux safrans comparés utilisent deux technologies différentes de fabrication, mais remplissent la même fonction :

- Le safran Hacoma est constitué d'une structure en Twintex (fibre

de verre et de résine polypropylène) avec une âme en composant 1 contenue dans le composant 2. Sa durée de vie est estimée à vingt ans 3.

- Le safran dit classique est constitué d'une structure en fibre de verre et résine époxy et d'une âme en mousse polyuréthane. Sa durée de vie est estimée à dix ans. Il est donc nécessaire d'en utiliser deux pour remplir la durée de vie souhaitée dans l'unité fonctionnelle, soit vingt ans. C'est ce qui explique le coefficient 2 dans la dernière colonne du tableau 4.

Composant (désignation)	Masse rapportée à l'unité fonctionnelle en g	Masse de composant pour un safran en g	Nombre de safrans nécessaires pour remplir l'UF
Fibre de verre	940	940	1
Résine Polypropylène	400	400	1
Composant 1	150	150	1
Composant 2	50	50	1
Composant 3	27	27	1
Total	1 567	1 567	1

3 La composition du safran Hacoma

Composant (désignation)	Masse rapportée à l'unité fonctionnelle en g	Masse de composant pour un safran en g	Nombre de safrans nécessaires pour remplir l'UF
Fibre de verre	1 880	940	2
Résine époxy	1 040	520	2
Mousse polyuréthane	300	150	2
Insert métallique	54	27	2
Total	3 274	1 637	2

4 La composition du safran époxy

**Les frontières des systèmes étudiés**  
**Les systèmes correspondant aux scénarios de référence**

**Le cycle de vie**

Les systèmes étudiés correspondent aux cycles de vie complets des deux safrans, dont les étapes prises en compte sont 5 6 :

- La production des matériaux constitutifs des safrans, et leur transport
- La fabrication des safrans
- Le transport des safrans (pré-utilisation, utilisation et postutilisation)
- L'utilisation des safrans
- La fin de vie des safrans

L'étude ne considère pas d'impacts lors de la phase utilisation. Les seuls impacts envisageables seraient liés au stockage des bateaux, mais, le safran ne représentant que 1,4 % de la masse du bateau et ne possédant pas de caractéristiques spécifiques de dégradation par rapport au cycle de vie du bateau, ils ont été négligés.

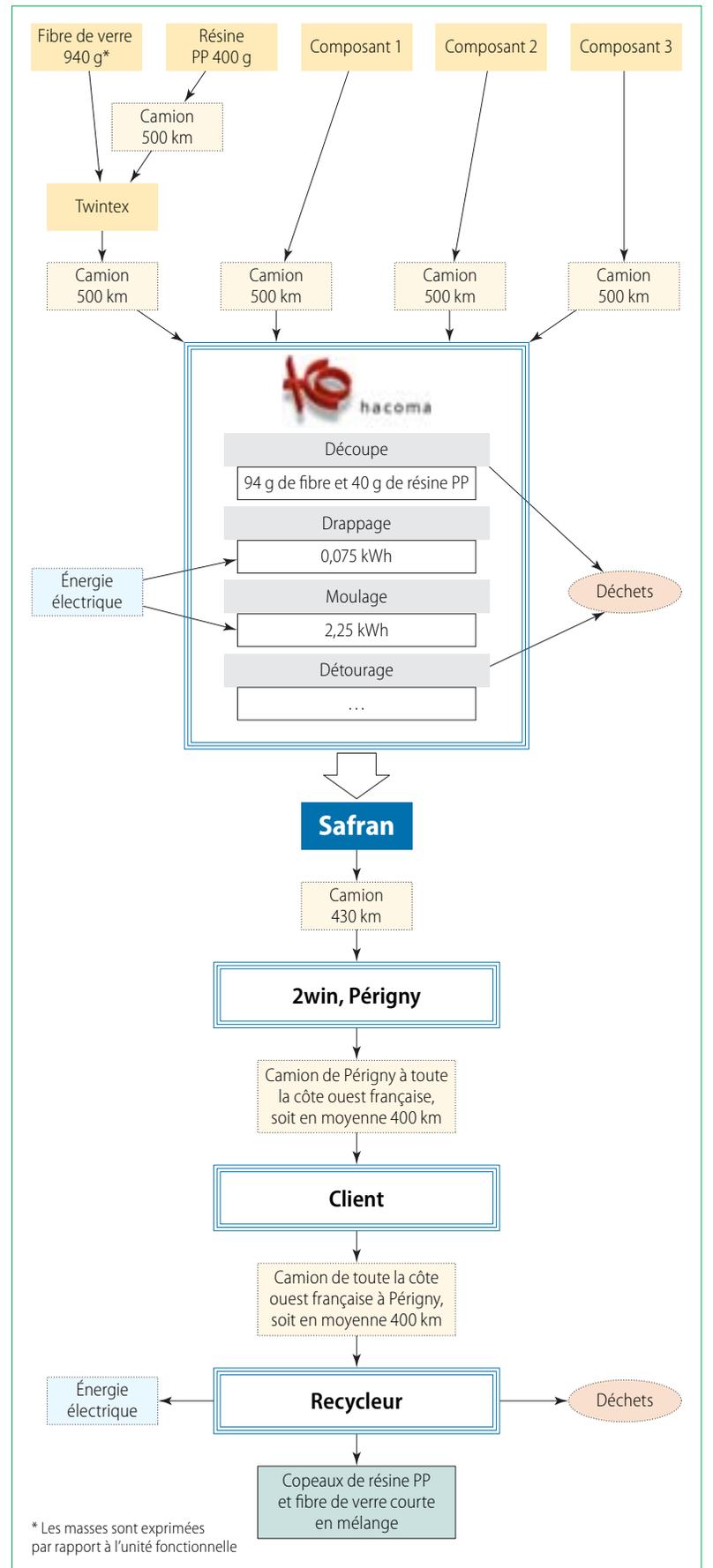
**Les étapes du cycle de vie exclues**

Selon la norme ISO 14040, il est possible, à condition que cela soit clairement explicité, d'exclure certaines étapes ou opérations des systèmes étudiés, afin d'éviter tout égarement dans des détails non significatifs en termes d'impact sur l'environnement.

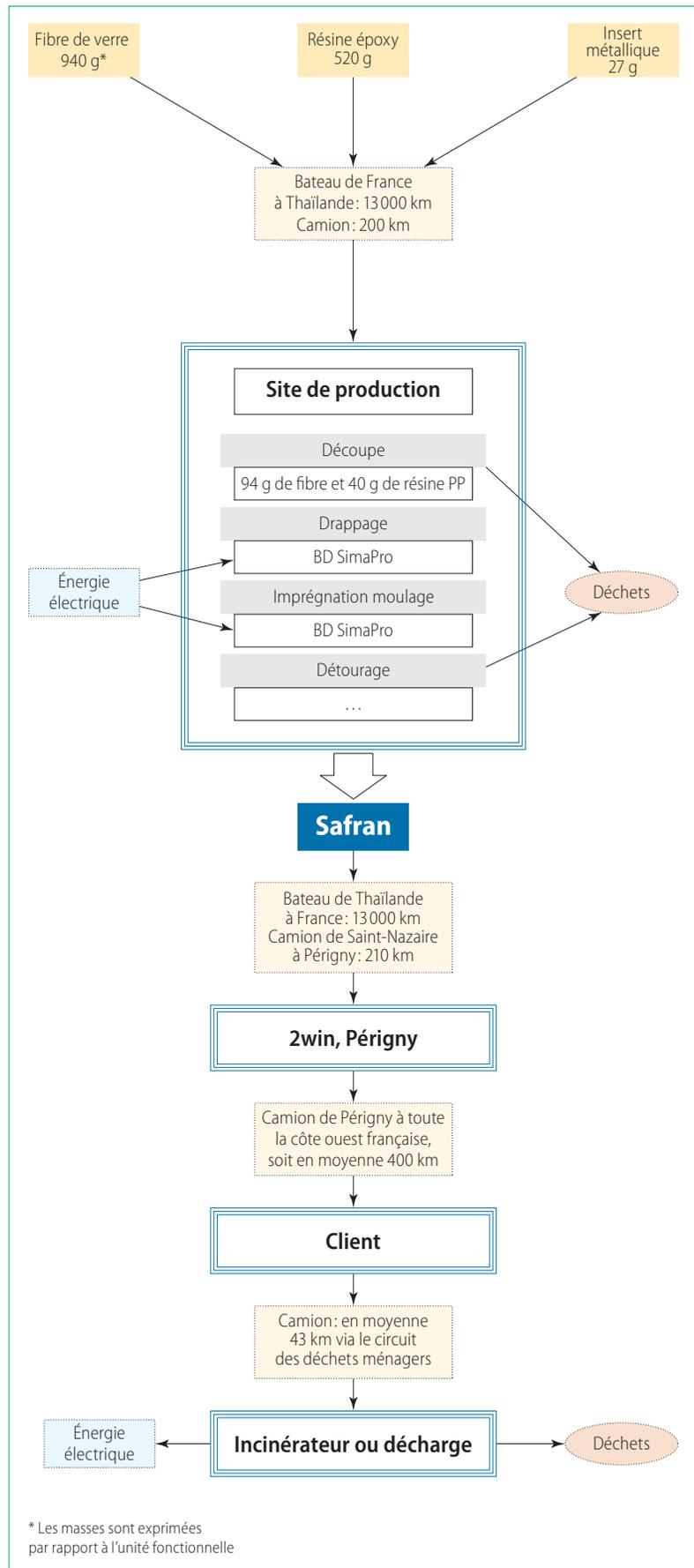
Les systèmes étudiés excluent les frais de fonctionnement, la construction des bâtiments nécessaires à la fabrication des divers composants des safrans (raffinerie...) et le stockage lors de l'utilisation.

**Les éléments exclus**

Le critère d'inclusion retenu par rapport à ceux proposés dans la norme ISO 14041 est la masse. Le seuil d'inclusion est fixé à 5 %. Cela signifie que la somme des entrants dont la production n'est pas incluse dans le système représente moins de 5 % de la masse totale des entrants du système. Les limites du système seront



5 Le cycle de vie du safran Hacoma



6 Le cycle de vie du safran époxy

donc en partie définies en fonction des données présentes dans les bases de données du logiciel SimaPro. Si des données non négligeables (supérieures à 5 % de la masse totale du produit) sont absentes des bases du logiciel, des recherches seront réalisées pour pallier cette absence.

Le composant 3, ne représentant que 1,7 %, ne sera donc pas pris en compte. Cet insert est assemblé avec une colle qui, ne représentant que 0,12 % de la masse totale du safran, ne le sera pas non plus.

#### Les coproduits [NDLR]

Un coproduit est une matière créée intentionnellement ou inévitablement au cours du processus de fabrication du produit principal. Par exemple, la mélasse est le coproduit dans la production du sucre.

Dans le cas des safrans, les étapes de fabrication des différents matériaux et éléments ne génèrent pas de coproduits.

#### Les hypothèses et l'inventaire pour la modélisation

##### Le transport

##### ● Pour le safran Hacoma

Les safrans Hacoma sont produits à Lacapelle-Marival et sont livrés chez 2win à Périgny (17) par camion de 28 t. Ce trajet correspond à 430 km.

## Les bases de données

#### Ecoinvent (Swiss Centre for Life Cycle Inventories)

Base de données complète éditée par PRÉ Consultants et présente dans SimaPro

#### ETH-ESU 96

Base de données suisse spécialisée dans l'énergie, la production d'électricité et autres process comme le transport, la production et le traitement des déchets, répertoriant 1200 produits et 1200 procédés

#### Buwal

Base de données réalisée par l'Empa (laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche) pour le bureau fédéral suisse pour l'Environnement, spécialisée dans les matériaux d'emballage (plastique, carton, verre, acier, aluminium...) et les processus liés (consommation d'énergie, transport, traitement des déchets)

#### IdeMat

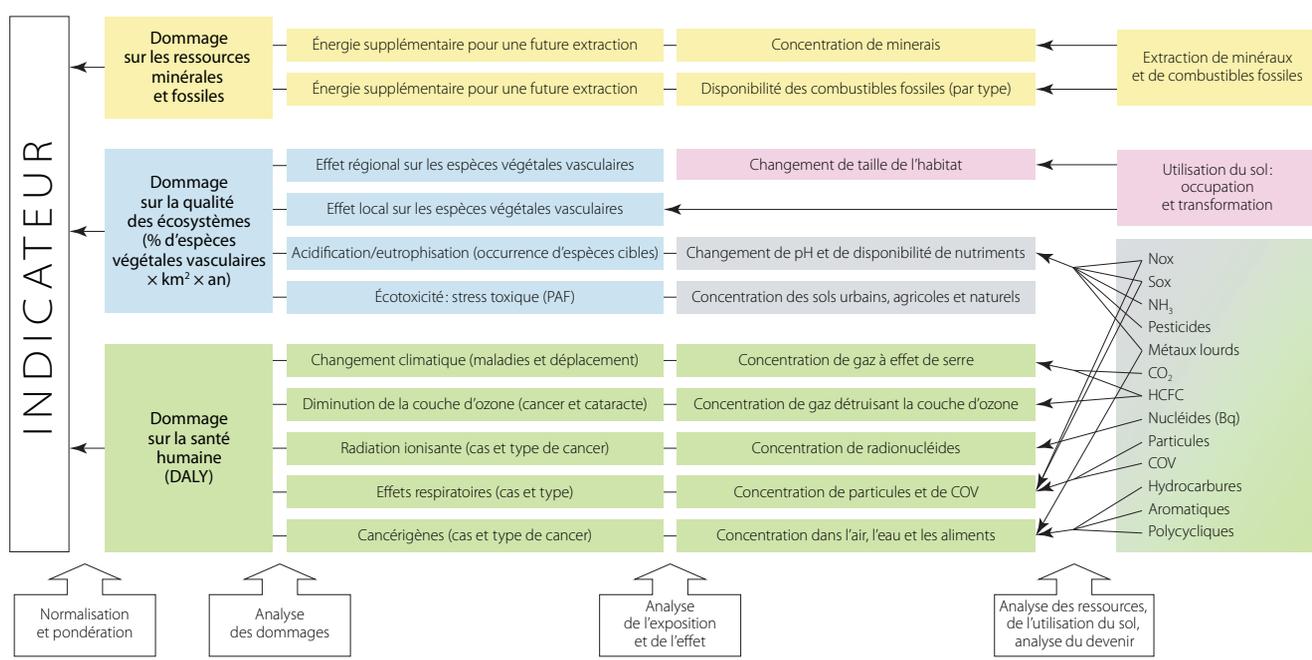
Base de données de l'université de Delft (Pays-Bas) spécialisée dans les matériaux industriels (métaux, alliages, plastiques, bois) et les processus liés, consommation d'énergie et transport

# La méthode Eco-indicator 99

Eco-indicator 99 est la première méthode qui évalue de façon relativement cohérente les dommages au niveau des ressources, de la santé humaine et de la qualité des écosystèmes.

Les valeurs des coefficients ainsi que la description détaillée de la méthode se trouvent sur le site de PRé Consultants : [www.pre.nl](http://www.pre.nl)

La méthodologie d'Eco-indicator 99 a été développée de haut en bas (top-down), en partant des dommages (sur la santé humaine, la qualité des écosystèmes et les ressources minérales et fossiles) pour identifier les effets générant les impacts les plus importants et les relier aux émissions de l'inventaire.



## La méthodologie d'Eco-indicator 99

Source : Crettaz (P), Jolliet (O.), Saadé (M.), *Analyse du cycle de vie: comprendre et réaliser un écobilan*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, coll. Gérer l'environnement, 2005

Pour le Twintex et les composants 1 et 2, le transport du lieu de fabrication, Chambéry, vers Lacapelle-Marival s'effectue en camion de 28 t sur 500 km.

Le composant 3, la colle, de masse inférieure à 1 %, n'est pas pris en compte.

### ● Pour le safran époxy

Les safrans dits classiques sont produits en Thaïlande et sont livrés par bateau jusqu'à Saint-Nazaire (13000 km), puis par camion jusque chez 2win à Périgny (200 km).

La résine époxy et la fibre de verre sont transportées du lieu de fabrication (France) vers le lieu de production en bateau (fret) sur 13000 km.

Pour la mousse polyuréthane, le transport n'est pas pris en compte; on considère qu'elle est produite en Thaïlande.

Le composant 3, de masse inférieure à 2 %, n'est pas pris en compte.

### La fin de vie

Actuellement, il n'existe pas de filière de recyclage à proprement parler pour le Twintex. Cependant, l'augmenta-

tion de ses usages et la simplicité de son recyclage devraient permettre sa mise en place à moyen terme. Partant donc du postulat qu'une filière de recyclage sera mise en place d'ici à la fin de vie des premiers safrans Hacoma, l'hypothèse retenue est que l'ensemble du catamaran sera recyclé.

À l'image de la directive sur les véhicules hors d'usage, une directive sur les navires hors d'usage est actuellement à l'étude par la MIDN (Mission Interministérielle sur le Démantèlement des Navires) au sein du secrétariat général de la Mer ([www.sgmer.gouv.fr/article.php?id\\_article=52](http://www.sgmer.gouv.fr/article.php?id_article=52); [www.assemblee.nationale.fr/12/pdf/rapinfo/i3609.pdf](http://www.assemblee.nationale.fr/12/pdf/rapinfo/i3609.pdf)). Après une opération de retrait de l'âme en mousse (qui se retire aisément une fois le safran brisé en deux), le safran sera broyé et pourra ainsi être réinjecté dans des presses à injection. Étant donné la forte charge en fibre de verre du composite, de la résine polypropylène (PP) sur base polyoléfine (compatible avec le Twintex PP) pourra y être ajou-

tée pour donner un composite fibre courte moins chargé. De nombreuses applications pourront lui être trouvées, car le PP fibre courte entre dans la composition de nombreux objets de la vie courante (pare-chocs de voiture, mobilier urbain...).

### Les flux et impacts environnementaux étudiés

Le logiciel SimaPro utilise différentes méthodes de calcul d'impact qui permettent de traduire les informations obtenues dans l'inventaire du cycle de vie en impacts sur l'environnement, notamment :

- CML
- Eco-indicator
- Impacts 2002

Pour les besoins de l'étude, la méthode de calcul Eco-indicator 99 (voir en encadré) a été choisie, car elle propose un choix d'indicateurs pertinents par rapport à la problématique posée par les safrans, qui ont tous été retenus pour l'étude :

- Carcinogens
- Respiration organics

suite page 34

Étape de fabrication du safran Hacoma		Processus	Détail processus, flux	Données source pour la modélisation (bases de données d'ACV sous logiciel SimaPro 7)
<b>Extraction et fabrication des matières premières</b>				
1	Fabriquer: fibre de verre	Filage	940 g* de fibre de verre	Glass fibre I
2	Fabriquer: résine PP	Formulation	400 g de résine PP	PP I
3	Fabriquer: composant 1		150 g de composant 1	Composant 1
4	Fabriquer: composant 2	Formulation	50 g de composant 2	Composant 2
5	Fabriquer: composant 3	Non pris en compte		
<b>Transport matière première</b>				
6	Transporter: fibre de verre	0		
7	Transporter: résine PP	Camion	Transport: 400 g 500 km	Transport, lorry 32t/RER U**
8	Transporter: Twintex	Camion	Transport: 1340 g 500 km	Transport, lorry 32t/RER U
9	Transporter: composant 1	Camion	Transport: 150 g 500 km	Transport, lorry 32t/RER U
10	Transporter: composant 2	Camion	Transport: 50 g 500 km	Transport, lorry 32t/RER U
<b>Fabrication</b>				
11	Fabrication safran, moulage, drappage	Consommation électrique	2,325 kWh	Electricity MV use in FU
<b>Livraison</b>				
12	Transporter: safran Hacoma → 2win	Camion	Transport: 1567 g 430 km	Transport, lorry 32t/RER U
13	Transporter: safran 2win → client	Camion	Transport: 1567 g 400 km	Transport, lorry 32t/RER U
<b>Fin de vie</b>				
14	Transporter: safran client → recycleur	Camion	Transport: 1567 g 400 km	Transport, lorry 32t/RER U
15	Recycler: Twintex	Broyage	90,4 %	Recycling only B250 avoided
16	Filière: incinération	Incinération	9,6 %	Incineration 2000 B250 (98)

\* Les masses sont exprimées par rapport à l'unité fonctionnelle  
 \*\* L'indication RER U est une option choisie dans le logiciel SimaPro qui permet de détailler le transport

## 7 Le cycle de vie du safran Hacoma

Étape de fabrication du safran classique		Processus	Détail processus, flux principaux	Données sources pour la modélisation (bases de données d'ACV sous logiciel SimaPro 7)
<b>Extraction et fabrication des matières premières</b>				
1	Fabriquer: fibre de verre	Filage	940 g* de fibre de verre	Glass fibre I
2	Fabriquer: résine PP	Formulation	520 g de résine époxy	Epoxy resin I
3	Fabriquer: composant 1		150 g de mousse PU	Composant 1
4	Fabriquer: composant 3	Non pris en compte		
<b>Transport matière première</b>				
5	Transporter: fibre de verre	Bateau et camion	Transport: 940 g 13 000 km bateau et 200 km camion	Transport, lorry 32t/RER U** Transport, transoceanic freight ship/OCE U
6	Transporter: résine époxy	Bateau et camion	Transport: 520 g 13 000 km bateau et 200 km camion	Transport, lorry 32t/RER U Transport, transoceanic freight ship/OCE U
7	Transporter: mousse PU	Bateau et camion	Transport: 150 g 13 000 km bateau et 200 km camion	Transport, lorry 32t/RER U Transport, transoceanic freight ship/OCE U
<b>Fabrication</b>				
8	Fabrication safran	Moulage, drappage	1,61 kg	Coating Epoxy
<b>Livraison</b>				
9	Transporter: Safran Thaïlande → 2win	Bateau et camion	Transport: 1637 g 13 000 km bateau et 200 km camion	Transport, lorry 32t/RER U Transport, transoceanic freight ship/OCE U
10	Transporter: Safran 2win → client	Camion	Transport: 1637 g 400 km	Transport, lorry 32t/RER U
<b>Fin de vie</b>				
11	Transporter: safran client → incinérateur	Camion	transport: 1637 g 43 km	Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH U
12	Filière: incinération	incinération	100 %	Incineration 2000 B250 (98)

\* Les masses sont exprimées par rapport à l'unité fonctionnelle  
 \*\* L'indication RER U est une option choisie dans le logiciel SimaPro qui permet de détailler le transport

## 8 Le cycle de vie du safran époxy

Respiration inorganics  
 Climate change  
 Radiation  
 Ozone layer  
 Ecotoxicity  
 Acidification/eutrophication  
 Land use  
 Minerals

De plus, elle est reconnue par la communauté scientifique de l'ACV, et l'une des plus utilisées.

**Les exigences relatives à la qualité des données**

Cette étude a pour objectif d'analyser et de comparer les bilans environnementaux de deux safrans. Pour être le plus proche possible de la réalité et répondre aux exigences de transparence, elle répond conformément à la norme ISO 14040 aux exigences de qualité des données :

● **La technologie**

Les données utilisées correspondent aux méthodes et outils des bases de données SimaPro (voir en encadré).

● **Le temps**

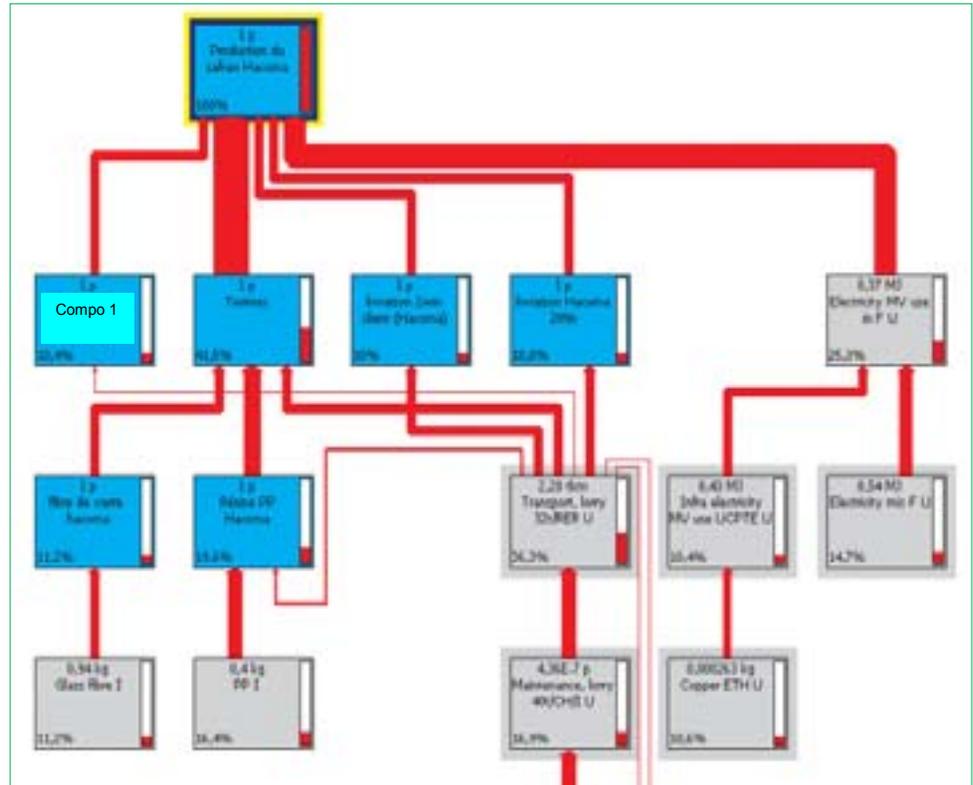
Les données correspondent à la situation actuelle (2007).

● **La géographie**

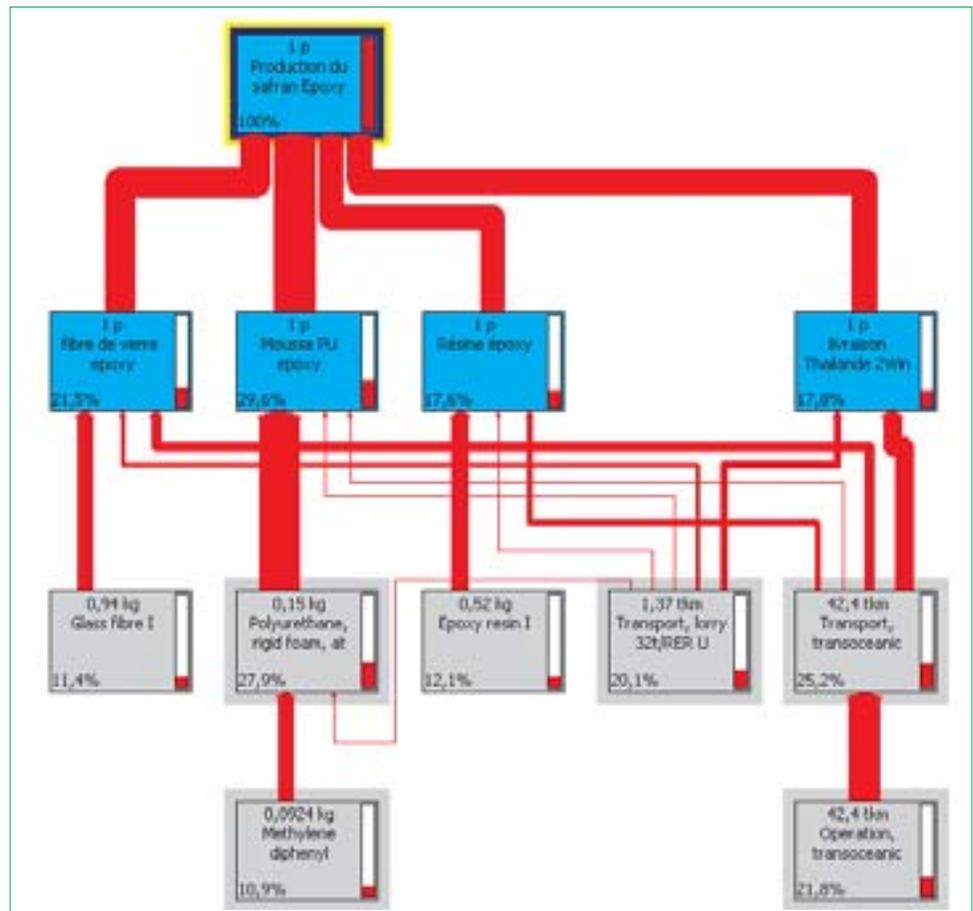
Les données correspondent à une utilisation du safran assemblé sur un catamaran de sport pour l'apprentissage de la voile, lui-même utilisé sur le territoire ouest-européen. Les pays d'origine des différents matériaux ont également été pris en compte, par exemple la France pour la fibre de verre, les Pays-Bas pour la résine.

**L'inventaire : recueil des données et hypothèses de calcul**

Nous nous sommes basés sur les données fournies par Hacoma, ainsi que sur les très riches bases de données présentes dans SimaPro (Buwal, Ecoinvent, ETH-ESU, IdeMat, voir en encadré), le logiciel, commercialisé par PRé Consultants et distribué en France par Evea (lire « L'analyse du cycle de vie d'un produit » en p. 20), que nous avons utilisé pour réaliser la modélisation des cycles de vie et



9 La modélisation en arborescence du safran Hacoma



10 La modélisation en arborescence du safran époxy



des impacts environnementaux des safrans.

L'étape d'utilisation sera négligée, comme nous l'avons vu précédemment. Pour la modélisation du transport ont été prises en compte les phases suivantes :

- Transport des matières premières vers le lieu de production
- Transport pour la distribution des safrans chez 2win en camion de 28 t

Les données utilisées sont issues des bases de données Ecoinvent et IdeMat.

Pour la fin de vie des safrans, comme expliqué précédemment, il a été choisi de mettre 90 % du safran Hacoma dans une filière de recyclage et 10 % en incinération (la mousse). Quant au safran époxy, il a été choisi de l'orienter vers une filière d'incinération, car les technologies de recyclage ne présentent à moyen terme que des solutions trop complexes et beaucoup trop coûteuses, non viables. Le transport vers l'incinérateur se fera sur 43 km en moyenne en camion benne (source: Ademe).

Les données utilisées pour modéliser le cycle de vie des safrans sont présentées dans les tableaux 7 et 8.

### Les résultats de la modélisation

#### L'analyse du cycle de vie des safrans

Basée sur l'approche par le cycle de vie, la méthode Eco-indicator 99 attribue un score à chaque impact et permet, dans une perspective d'amélioration, de comparer entre eux les différents impacts.

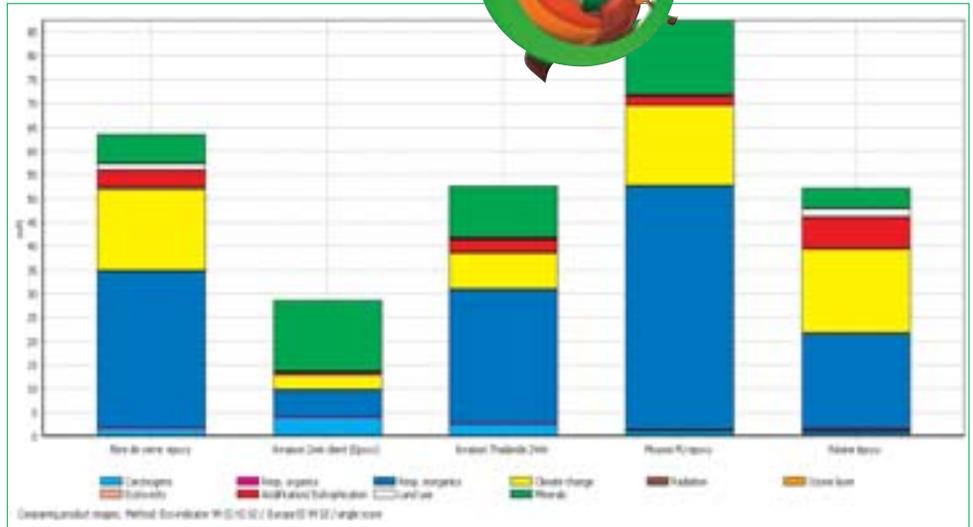
Les schémas 9 et 10 représentent les impacts liés à la production des safrans sous forme d'arborescences.

#### ● Pour le safran Hacoma

Il apparaît clairement que les impacts liés à la production du safran Hacoma sont principalement générés par l'utilisation du Twintex et les consommations électriques liées au moulage (25,3 %).

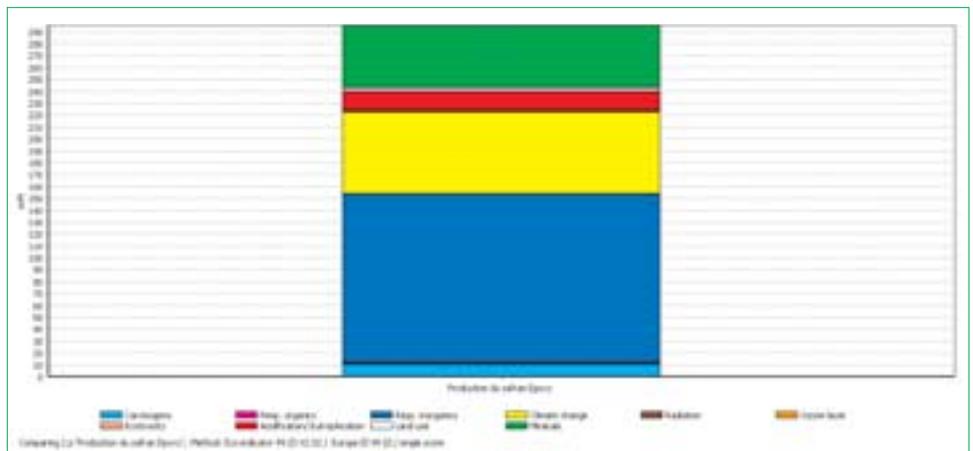
#### ● Pour le safran époxy

Les composants du safran époxy ont



11 La comparaison des composants du safran époxy et du transport (single score)

Single score: Représentation de l'impact global du produit ou de l'étape du cycle de vie. Les différents indicateurs sont sommés pour ne former qu'une seule barre ou un score unique



12 Les impacts liés à la production du safran époxy

approximativement le même impact. Il est important de noter que malgré une masse faible la mousse polyuréthane (PU) est la plus impactante (29 %). La livraison représente également une part importante de l'impact total.

Ces premiers graphiques permettent d'orienter l'étude vers les matériaux ou process les plus impactants. Pour le safran Hacoma, l'étude portera en priorité sur la résine et son application. Pour le safran époxy, sur les matières premières et le transport.

Les graphiques qui vont suivre ont pour objectif d'entrer dans le détail des impacts des matériaux ou process.

#### Les impacts liés au safran époxy

Comme on peut le constater sur le graphique 11, les impacts liés à la mousse

PU sont importants malgré une masse de 150 g correspondant à 9 % de la masse totale. La livraison prend elle aussi une part importante dans l'impact global du safran époxy.

Le graphique 12 représente la répartition des impacts du safran époxy sur les divers indicateurs de la méthode Eco-indicator 99. Il intègre les impacts des composants du safran et de son process de fabrication.

Les indicateurs les plus concernés sont *respiration inorganics*, *climat change* et *minerals*.

L'indicateur *respiration inorganics* correspond à l'émission de particules inorganiques dans l'air nocives pour la santé humaine (d'amiante, par exemple).

L'indicateur *climat change* correspond à l'émission de gaz à effet de serre.

L'indicateur *minerals* correspond à l'épuisement des ressources.

**Les impacts liés au safran Hacoma**

Le graphique 13 a pour objectif de visualiser les impacts liés au safran Hacoma.

Le Twintex est la somme de la fibre de verre et de la résine PP. Il est nécessaire d'étudier dans le détail ce composant, car il a un impact important 14.

Les deux graphiques précédents montre l'importance du Twintex dans l'impact global du safran, et notamment la place de la résine PP. Les impacts principaux du Twintex sont *respiration inorganics*, *minerals* et *climat change*.

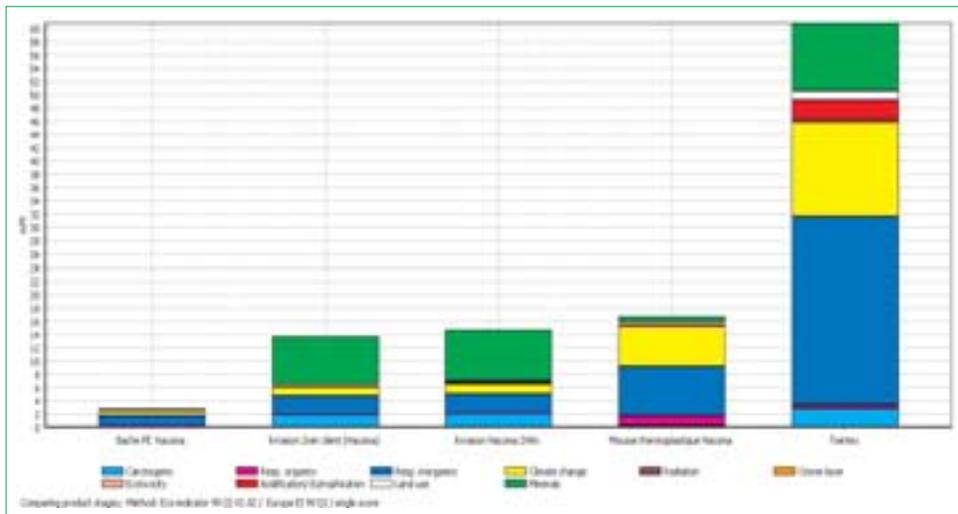
Le graphique 15 représente la répartition des impacts du safran Hacoma sur les divers indicateurs de la méthode Eco-indicator 99, et intègre les impacts des composants du safran et de son process de fabrication. Les deux indicateurs les plus concernés sont *respiration inorganics* et *minerals*.

Afin d'étudier au mieux les impacts générés par la production des deux safrans et de déterminer leur origine, il s'avère nécessaire de réaliser une comparaison du safran Hacoma avec le safran époxy sur les différentes étapes du cycle de vie.

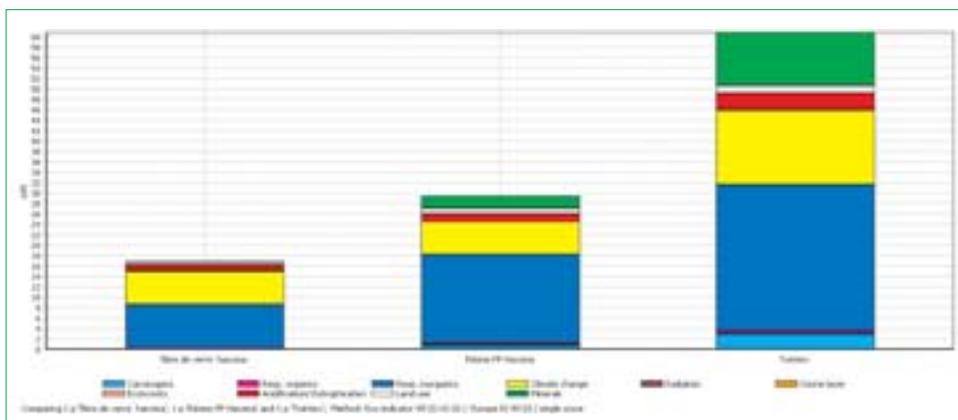
**La comparaison des deux safrans**

Le graphique 16 représente la comparaison étape par étape des impacts liés aux safrans époxy et Hacoma (méthode Eco-indicator 99):

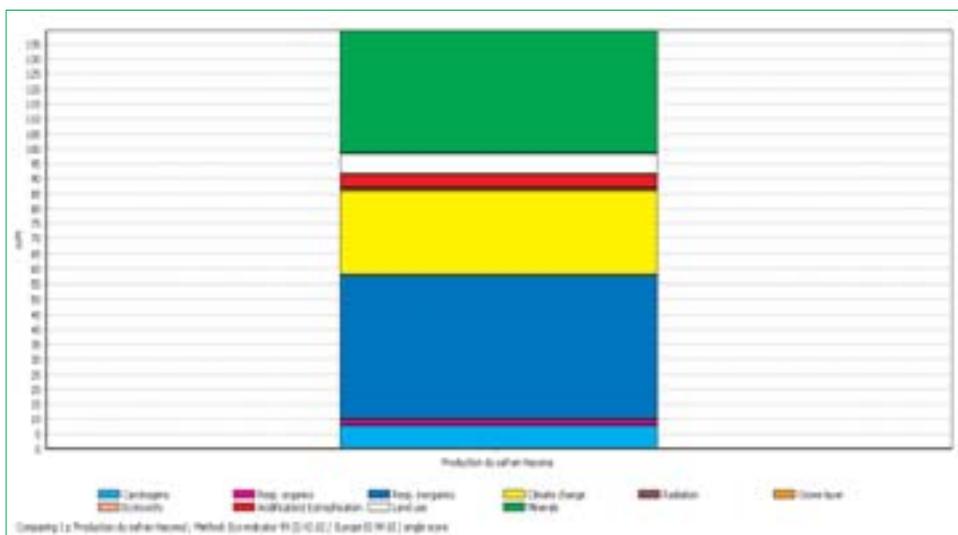
- À la production du safran correspondent les impacts liés à l'extraction des matières premières, à leur mise en œuvre et aux processus industriels utilisés pour produire les safrans (découpe, drappage, moulage).
- À la vie du safran correspondent les impacts liés à l'ensemble de la vie du safran, c'est-à-dire de l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie, en passant par les étapes de production, transport et utilisation.
- À la fin de vie du safran correspondent les impacts liés au scénario de fin de vie, c'est-à-dire la collecte, l'incinération, la récupération, le recy-



13 La comparaison des impacts de fabrication des composants du safran Hacoma et du transport (single score) exprimés en millipoints (mPt). Le millipoint correspond à l'impact moyen pondéré d'un européen pour la durée de vie typique



14 Le détail des impacts liés au Twintex (single score)



15 Les impacts liés à la production du safran Hacoma

clage ou tout autre dispositif mis en place.

La production du safran Hacoma impacte d'environ 60 % moins que celle du safran époxy 16. Ces différences d'impact se situent en particulier sur les indicateurs *respiration inorganics*, *climat change* et *acidifi-*

*cation/eutrophication*. À noter, l'impact positif de l'étape de fin de vie (en vert sur la graphique) du safran Hacoma sur l'indicateur *ozone layer* (couche d'ozone).

L'impact du safran Hacoma est plus important que celui du safran époxy pour les indicateurs *radiation*



deux safrans époxy pour un safran Hacoma, d'où deux transports par camion pour le safran époxy contre un pour le safran Hacoma.

Pour le transport en fin de vie, le safran Hacoma a plus d'impact, car il transite sur une plus grande distance. En effet, le safran sera rapatrié vers le site de 2win (400 km), où il pourra être recyclé, alors que le safran époxy est orienté vers une filière d'incinération et ne transite que sur 43 km.

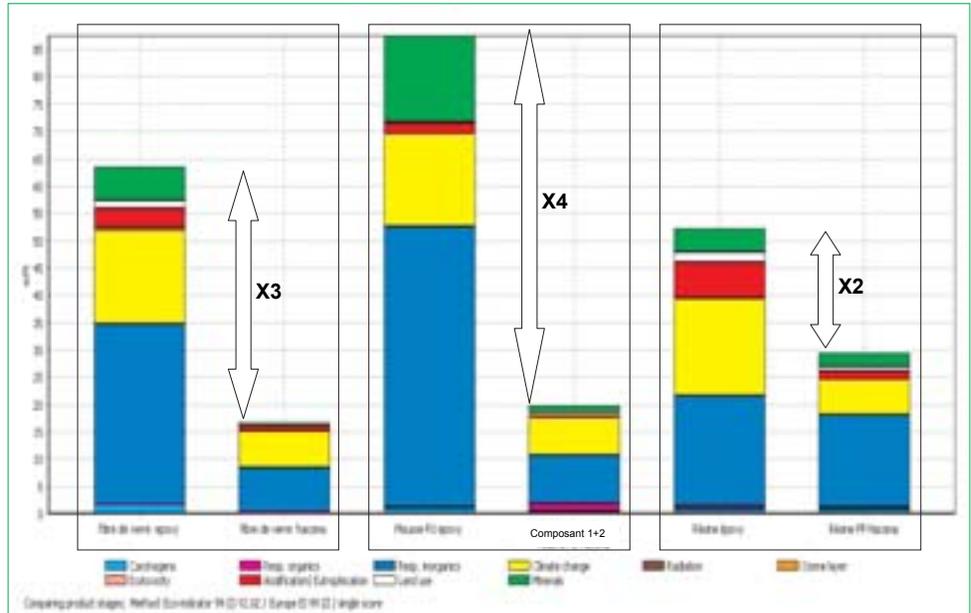
**La fin de vie**

La modélisation de la fin de vie des safrans est particulièrement difficile, car le produit une fois mis sur le marché à une durée de vie de dix ans pour le safran époxy et de vingt pour le safran Hacoma. Concrètement, il faut essayer d'établir des scénarios possibles sur la base d'hypothèses qui peuvent être discutables. Les scénarios de fin de vie choisis sont les suivants :

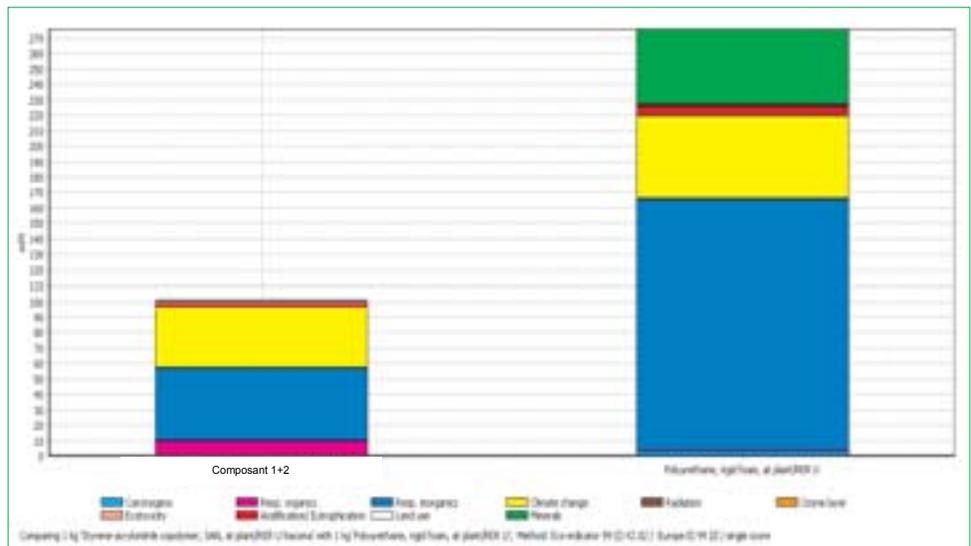
- Pour le safran époxy: 100 % en incinération. Les technologies de recyclage ne présentent pas de solutions viables à moyen terme. Le transport vers l'incinérateur se fera sur 43 km en moyenne dans un camion benne.

- Pour le safran Hacoma: 90 % du safran Hacoma dans une filière de recyclage et 10 % en incinération (correspondant au composant 1). On considère que 2win récupère ses bateaux en fin de vie, et que ceux-ci sont broyés pour obtenir un mélange de résine PP et de fibre de verre courte que l'on peut réutiliser. Une opération pour enlever le cœur en composant 1 est nécessaire avant broyage.

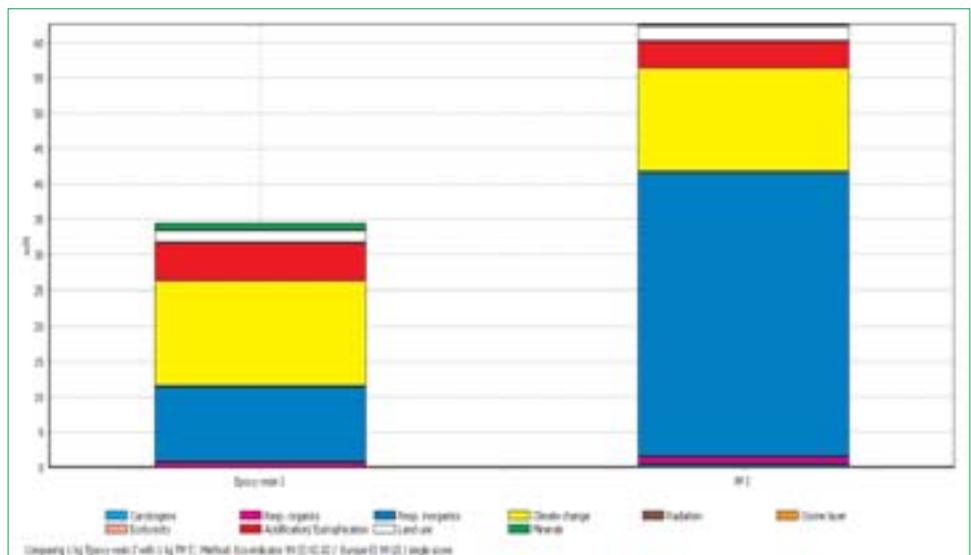
La fin de vie du safran époxy a un impact fort sur le changement climatique, dû à l'incinération des résines en matières plastiques. Cet impact peut être limité si l'incinérateur convertit l'énergie libérée lors de la combustion en électricité. L'incinération de la résine époxy prendrait alors un intérêt non négligeable du fait de son PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) élevé.



18 La comparaison des matériaux utilisés pour la conception des safrans



19 La comparaison du composant 1 et de la mousse PU



20 La comparaison de la résine PP et de la résine époxy

Le recyclage du safran Hacoma en fin de vie permet un gain environnemental (flèche bleue du graphique 22) sur les impacts *respiration inorganiques* et *climat change*. Mais les process de recyclage génèrent des impacts non négligeables (flèche orange) sur les impacts *minerals* et *carcinogens*. Globalement, le bilan environnemental du recyclage du safran Hacoma est tout de même meilleur.

### En conclusion

Cette étude a permis de montrer que trois facteurs permettent au safran Hacoma de se démarquer sur le plan environnemental :

- La résistance du Twintex

La résistance du Twintex permet une meilleure durabilité du produit lors de la phase d'utilisation. Cette caractéristique permet de n'utiliser qu'un seul safran pour remplir l'unité fonctionnelle, alors qu'il en faut deux en époxy.

- Le transport

La production du safran Hacoma à Lacapelle-Marival permet de limiter le transport sur la phase de production et de livraison. *A contrario*, le safran époxy doit assumer un impact environnemental fort lié à la localisation du site de production en Thaïlande.

- La recyclabilité

Le Twintex étant un thermoplastique, il a l'avantage de pouvoir être reformable. Cette caractéristique lui donne l'atout d'être facilement réparable, mais aussi et surtout facilement recyclable. Le processus de recyclage, malgré des impacts sur les ressources et la santé, a au final un bilan environnemental meilleur. Il est donc important de développer dès aujourd'hui la filière de recyclage des matériaux thermoplastiques. À l'opposé, le safran époxy n'a pour seules issues que la mise en décharge ou l'incinération, d'où un bilan environnemental plus lourd.

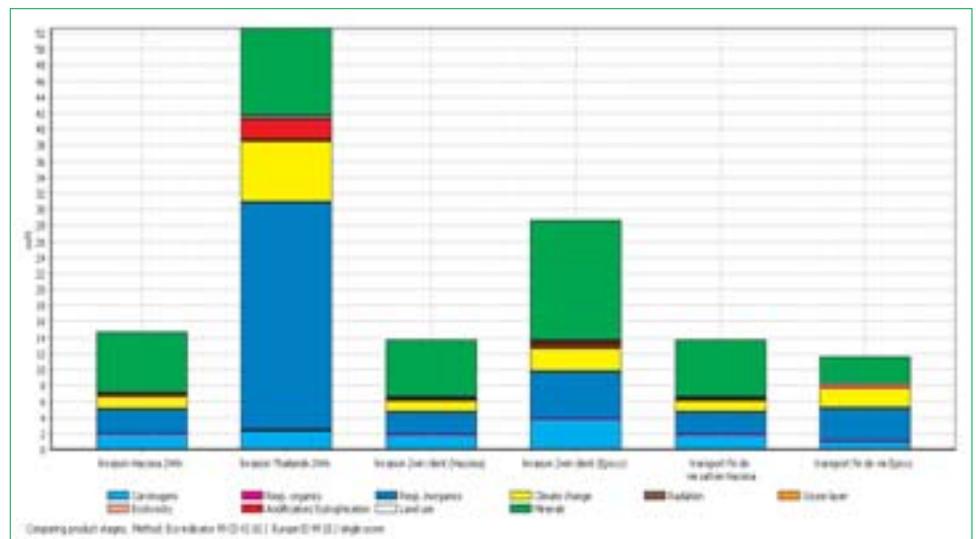
Ces caractéristiques permettent au safran Hacoma d'être plus de deux fois moins impactant sur l'environnement que son concurrent en époxy.

Cette analyse du cycle de vie met en avant la pertinence de l'utilisation des thermoplastiques dans l'industrie nautique. Ils ont également un intérêt lors de la mise en œuvre, car, contrairement aux thermodurcissables, ils n'émettent pas de composés organiques volatiles (COV). Cette donnée est importante, vu l'exposition du personnel lors des étapes de production.

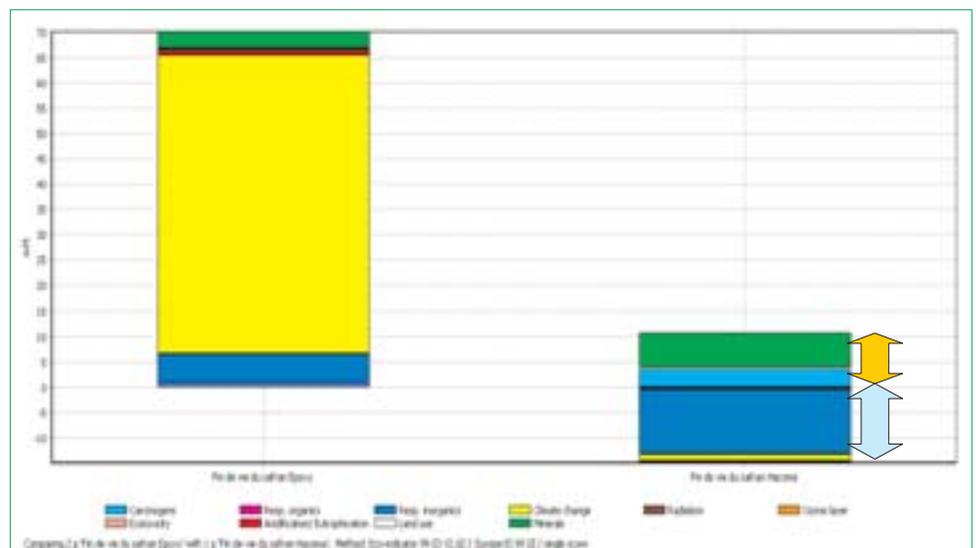
Les thermoplastiques constituent une solution intéressante pour le monde du nautisme, mais ne dispense en rien les constructeurs de diminuer encore leurs impacts sur l'environnement. Différentes pistes seraient intéressantes à explorer

pour améliorer encore le profil environnemental du produit :

- Diminution des consommations de matière à la source
- Minimalisation des chutes de production
- Diminution des consommations d'énergie
- Meilleure recyclabilité (conception pour le recyclage)
- Meilleure réparabilité
- Optimisation de la gestion des emballages
- Utilisation d'énergie renouvelable ■



21 La comparaison des transports des 2 safrans



22 La comparaison des fins de vie des 2 safrans (single score)