

# Softcar : un nouveau concept de véhicule électrique

## Une voiture en biopolymères pour lutter contre le réchauffement climatique

Les mesures récentes démontrent malheureusement la hausse des émissions de CO<sub>2</sub>. Au vu des piètres résultats des dernières conférences internationales, cette réalité motive une certaine volonté de changement de stratégie : il est temps d'agir au niveau régional, au niveau citoyen. Comme le secteur des transports représente le quart des émissions de CO<sub>2</sub>, l'électromobilité offre une opportunité d'intervention intéressante. C'est dans cet esprit qu'a été conçu le véhicule propre Softcar qui respecte l'environnement tout au long de son cycle de vie.

### Situation en Europe

Loin derrière la Chine et les États-Unis, l'Europe est à l'origine de 11 % des émissions de CO<sub>2</sub> mondiales. C'est toutefois la zone géographique qui a pris les mesures les plus significatives d'amélioration, tout en n'atteignant pas les objectifs retenus. En ce qui concerne les émissions provenant du secteur des transports, objet principal de cet article, celles-ci représentent, selon les pays concernés, entre 13 % et 24 % des émissions totales de CO<sub>2</sub>.

### Polémique sur les normes antipollution

Le cycle NEDC (New European Driving Cycle ou nouveau cycle européen de conduite) datant de 1990 est utilisé en Europe pour évaluer les niveaux d'émission des moteurs. Il est censé être représentatif de l'utilisation usuelle d'une voiture en Europe, mais une nouvelle polémique s'est développée ces derniers mois : elle évoque le manque de réalisme des tests officiels de mesures de consommation et d'émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules.

Certains milieux estiment que les mesures présentées sont inférieures d'au moins 25 % par rapport à la réalité d'une conduite urbaine normale. Cette différence privilégie les intérêts des 25 industriels automobiles européens au lieu de répondre au défi des changements climatiques. On ose espérer que la révision de la réglementation, prévue à l'horizon 2017, répondra mieux aux réalités du trafic urbain et apportera une réelle crédibilité à l'objectif établi à 95 g CO<sub>2</sub>/km pour 2020.

Jean-Luc Thuliez, Maurice Jacot

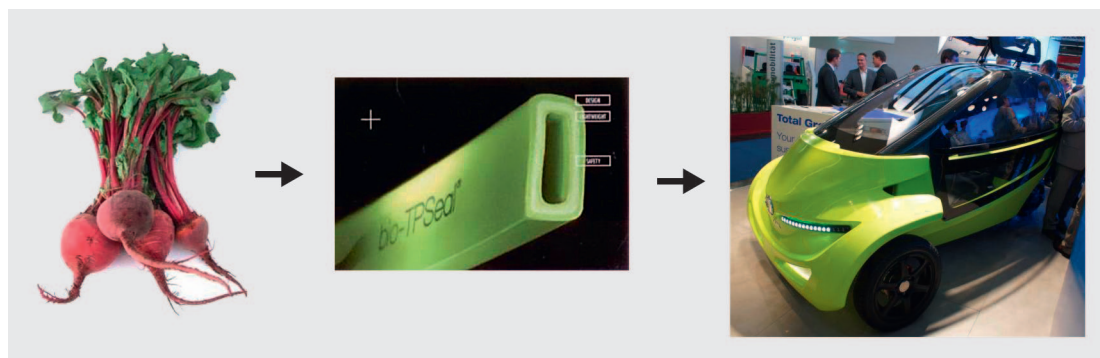
La problématique du changement climatique s'intensifie d'année en année et le seuil critique de basculement irréversible se rapproche dangereusement. Pourtant les nations ne parviennent que difficilement à se mettre d'accord sur les compromis minimaux indispensables à une stabilisation des rejets de CO<sub>2</sub>, une condition essentielle à la limitation du réchauffement global de notre planète à une valeur inférieure à 2°C avant la fin du siècle.

### Situation actuelle

Avant d'examiner les scénarios qui pourraient affecter directement le secteur des transports, il est intéressant de quantifier les émissions de CO<sub>2</sub> à la fois sur le plan mondial, européen et même national, et ce, afin de mieux prendre conscience des dangers réels pour l'humanité. Ces données sont actuellement

connues grâce à des mesures rigoureuses obtenues par une multitude de stations d'enregistrement terrestres, de bouées océaniques et de satellites. La compilation de toutes ces valeurs révèle la situation décrite dans le **tableau 1**.

Ce stockage, en très forte augmentation ces dernières années, des gaz à effet de serre dans l'atmosphère est la cause du changement climatique en cours. La teneur moyenne actuelle de CO<sub>2</sub> dans l'air s'élève à 400 ppm (parties par million, soit 400 molécules de CO<sub>2</sub> par million de molécules d'air), seuil critique qui vient d'être franchi dans plusieurs régions du monde. Or, au rythme actuel, la valeur limite de 480 ppm à ne pas dépasser pourrait être atteinte dans une trentaine d'années déjà, d'où cette urgence de tenter de stabiliser, malgré les effets d'inertie engagés, les rejets avant 2020.



**Figure 1** Développement d'un prototype avec une carrosserie en biopolymères, construit pour le groupe Total.

Bilan global des émissions et absorptions de CO <sub>2</sub> par an	Sources et mécanismes	Émissions et absorptions globales de CO <sub>2</sub> / milliards de tonnes par an
Émission	Combustion de carburants fossiles Industrie, bâtiment, agriculture Énergie, transports et pétrochimie	32,6
	Déforestation, incendies et mises en culture	3,3
Absorption	Photosynthèse	-10,6
	Absorption dans l'océan	-9,5
Bilan	Stockage dans l'atmosphère	15,8

**Tableau 1** Calcul du stockage des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère en 2013.

Émissions de CO <sub>2</sub>	1990	2008-2010	Objectif 2015
Combustibles	100 %	85,9 %	85 %
Carburants	100 %	113 %	92 %

**Tableau 2** Évolution, comparativement à l'année 1990, des émissions de CO<sub>2</sub> générées en Suisse par les combustibles et les carburants.

Composants	Véhicule classique / kg	Composants	Softcar / kg	Aventor / kg
Acier	800	Acier	15	8
Fer	150	Moteur	25	25
Plastiques	130	Biopolymères	120	45
Fluides	85	Batteries	80	80
Aluminium	90	Aluminium	220	140
Caoutchouc	65	Caoutchouc	20	22
Total	1320	Total	480	320

**Tableau 3** Comparaison de poids entre un véhicule classique, Softcar et Aventor.

### Émissions de particules ultrafines

Un nouveau débat s'instaure également sur la nocivité accrue des particules ultrafines (PM<sub>2,5</sub>, c'est-à-dire dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres). La problématique de ces particules est complexe car leur concentration dans l'air ne dépend pas uniquement des émissions provenant du secteur automobile. Mais à propos de ces dernières, l'Adolphe Merkle Institute a mis en évidence il y a quelques semaines le danger pour l'être humain des émissions de particules ultrafines générées par tous les types de moteur à explosions [1]. Ces rapports sont très inquiétants, et ce, particulièrement en ce qui concerne les émissions des moteurs diesel en raison de leur court temps de mélange air/carburant.

Les dernières analyses ont révélé une forte augmentation de la concentration de particules ultrafines dans l'air. Inhalées, ces particules passent par les voies respiratoires et se déposent dans les petits vaisseaux sanguins. Elles engendrent à la fois des troubles respiratoires, des problèmes cardiovasculaires et sont considérées comme cancérigènes (le Centre international de recherche sur le cancer de l'Organisation mondiale de la

santé a en effet classé les gaz d'échappement diesel comme cancérigènes): un argument supplémentaire, et aussi essentiel, pour intensifier la diminution de la pollution car, dans le cas des particules ultrafines, il s'agit d'un combat au bénéfice de la santé. À noter que les émissions de NO<sub>x</sub>, gaz toxique pour l'être humain, ne sont pas prises en compte par les cycles normalisés européens.

### Situation en Suisse

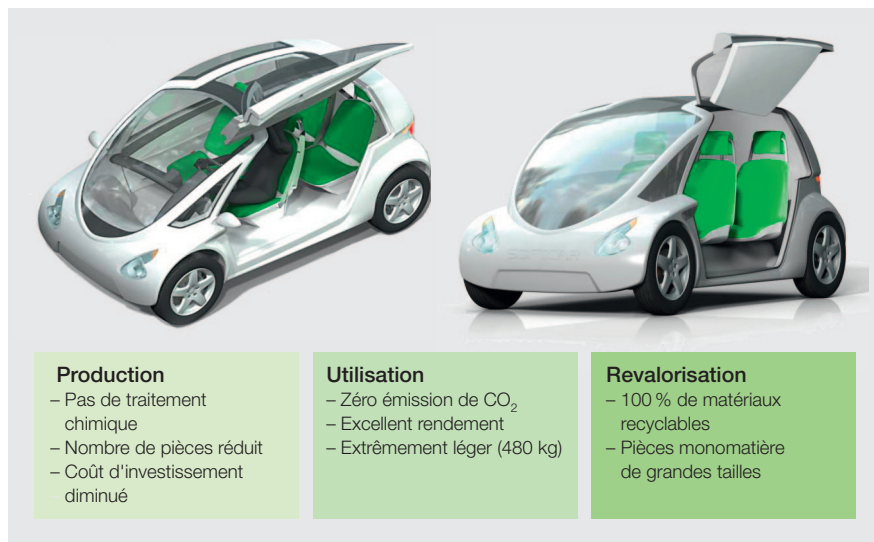
Dans notre pays, la somme globale des émissions de CO<sub>2</sub> représente quelques 50 millions de tonnes par an, soit tout de même 0,12% de la valeur mondiale ou 6,7 tonnes par personne (le double en tenant compte des biens et services importés).

De gros efforts ont été entrepris afin de diminuer la pollution due aux combustibles. Le **tableau 2** montre bien que les mesures prises, notamment dans le domaine de l'habitat, ont porté leurs fruits, mais elles devront néanmoins être poursuivies. Par contre, en ce qui concerne le secteur des carburants, les objectifs n'ont pas été atteints. Certes, l'achat de certificats à l'étranger par la Fondation Centime Climatique (quelque 3 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an) a permis de corriger la situation. Mais ce procédé satisfait peut-être notre conscience en occultant quelque peu la réalité. Agir sur la réduction des gaz d'échappement devient donc une priorité pour participer à l'amélioration définie par le pouvoir politique.

### Migration vers l'électromobilité

Les voitures électriques représentent un grand atout pour réduire l'impact de la circulation automobile. Elles sont plus efficaces d'un point de vue énergétique, beaucoup moins polluantes et permettent l'utilisation de différentes sources d'énergie, y compris celles d'origine renouvelable. Rappelons qu'un moteur thermique a un rendement de 25 % à 35 %, alors que celui d'un moteur électrique atteint 85 %.

Pourtant le succès se fait attendre en Suisse. Avec un parc de plus de 4 500 000 voitures de tourisme, le nombre de véhi-



**Figure 2** Les avantages du concept Softcar sur l'intégralité du cycle de vie du véhicule.



**Figure 3** Voiture de présentation Softcar.

cules électriques ne s'exprime encore qu'en pour mille. Or, selon les auteurs d'une étude sur la mobilité dans notre pays, les pronostics indiquent qu'une voiture neuve sur dix en 2025 et une sur deux en 2035 sera électrique, et ce, pour un nombre de voitures neuves s'élevant à environ 300 000 par année.

Quatre raisons majeures semblent expliquer la lenteur actuelle de la pénétration de l'électromobilité :

- le choix encore limité des modèles de véhicules électriques ;
- les coûts qui ont encore la réputation d'être élevés ;
- l'autonomie des voitures souvent limitée à la fois par le poids du véhicule et des batteries ;
- et, finalement, la faiblesse des infrastructures existantes de recharge des batteries.

Pour accélérer ce processus de changement, il faut répondre à ces faits par des solutions innovantes et s'affranchir de la voiture traditionnelle.

Le concept Softcar, issu de l'expérience de ses initiateurs, répond largement à ces arguments et aux besoins réels du marché. Les principales nouveautés et caractéristiques sont résumées dans les lignes suivantes.

### Le concept Softcar

Le processus d'industrialisation de Softcar est entièrement développé pour respecter les principes de l'économie circulaire et répondre aux plans directeurs de l'économie propre mis en place par le Conseil fédéral. En effet, alors qu'aujourd'hui l'empreinte carbone des véhicules classiques est répartie de façon presque similaire entre les trois phases de leur cycle de vie (production, utilisation et recyclage), Softcar utilise des technologies d'avant-garde qui permettent d'obtenir un impact environnemental minimum.

### Question de poids

L'objectif de Softcar SA consiste à proposer des véhicules toujours plus propres

et plus légers. Le poids représente en effet l'un des éléments majeurs de l'impact sur l'environnement : la recherche de sa diminution avec des éléments recyclables et légers se trouve donc à l'origine de l'innovation Softcar (**tableau 3**).

La plus grande nouveauté consiste peut-être à employer une architecture ultralégère basée sur une utilisation massive de biopolymères moussés et de composites avancés recyclables selon le principe « cradle to cradle » (du berceau au berceau), c'est-à-dire qu'après recyclage ces matériaux peuvent être réutilisés en boucle pour réaliser la même pièce. Cette nouvelle architecture est de plus particulièrement performante en crash et permet donc de renforcer le niveau de sécurité du véhicule.

Pourquoi les constructeurs ne suivent-ils pas cette piste ? C'est la question que les ingénieurs de Softcar se sont posée, tout comme le groupe Total pour qui ils ont développé le premier véhicule en biopolymères. Ce véhicule électrique a été exposé au Salon de Francfort en 2011 par le groupe Total (**figure 1**). Softcar est ainsi probablement devenue la première entreprise au monde à vendre des voitures électriques à un groupe pétrolier, ce qui marque d'ailleurs une volonté authentique de ce dernier d'accompagner le changement.

### Éléments constitutifs

D'autres innovations ont également été apportées dans la conception du châssis, des suspensions et d'autres éléments pour alléger la structure. Le résultat marquant réside dans la diminution radicale du nombre de pièces constitutives de la voiture puisqu'il passe d'environ 40 000, pour une voiture traditionnelle, à 1800 pour Softcar. Le résultat de cette approche héritée de l'époque Swatch-mobile permet d'obtenir un véhicule très compétitif tant sur le plan économique, technique qu'environnemental, et ce, notamment grâce à son poids (**figure 2**).

Au niveau des batteries, le choix s'est orienté pour l'instant sur ce qu'il y a de plus performant tant en termes de fiabilité, de simplicité d'entretien, que de prix, à savoir des batteries LiFePO<sub>4</sub> (lithium fer phosphate) dont la densité massique d'énergie s'élève à 140 Wh/kg et la densité volumique d'énergie à 220 Wh/l.

### Côté prix

Sans traitement de la tôle d'acier, sans lignes de ferrage, sans peinture, la production de véhicules Softcar se résume à des centres d'assemblage. Cela a pour conséquence de diminuer très fortement l'investissement initial (moins de 10 millions de francs suisses) et d'obtenir déjà une rentabilité avec une production inférieure à 4000 véhicules, contre 200 000 pour la fabrication classique de voitures citadines.

Il s'agit là d'un élément essentiel au développement des véhicules électriques, à savoir celui du coût pour le consommateur, puisque le prix de vente est estimé à environ 15 000 à 18 000 francs suisses avec une consommation d'un litre équivalent pétrole, soit 1,5 à 2 CHF/100km (**figure 3**).

### Perspectives

L'Office fédéral de l'énergie n'était pas favorable à une aide directe de l'État pour la mobilité car il ne souhaitait pas encourager dès maintenant une technologie sans savoir quelle sera la voiture de demain. On espère, avec ce concept, apporter un élément intéressant à une nouvelle vision d'une future voiture urbaine.

Naturellement, l'éclosion du parc de voitures électriques doit se baser sur un mix électrique exempt d'émissions de CO<sub>2</sub> (issu d'énergies renouvelables si possible). Or, il s'agit de l'une des caractéristiques de la production suisse d'électricité, qui exploite essentiellement la force hydraulique et l'énergie nucléaire. La Suisse offre donc des conditions idéales pour un développement accéléré de l'électromobilité.

Pour information, par rapport à la consommation actuelle, les besoins en électricité augmenteraient de 0,2 % pour 100 000 véhicules de type Softcar. D'un autre côté, les émissions de CO<sub>2</sub> seraient réduites de 300 000 t/an. Pour l'État, la démarche est intéressante du point de vue des investissements puisque c'est le consommateur qui achète l'outil qui permet de réduire les nuisances, et ce, avec un effet cumulatif à chaque remplacement d'un véhicule à moteur thermique par un véhicule électrique.

Figures: Softcar



**Figure 4** Monoplace Aventor.

### Aventor, la course à l'efficacité énergétique

Softcar avait besoin d'un laboratoire pour tester rapidement de nouvelles solutions. Comme aucun moyen ne permettait la réalisation d'un tel projet, l'idée a germé de concevoir une voiture de compétition ultralégère. Cette solution offre de nombreux avantages. En effet, le développement d'un véhicule sportif permet à la fois d'optimiser l'efficacité énergétique et la performance. Celui-ci devient également un banc d'essais pratiques pour le choix de la motorisation et des batteries, ainsi que pour l'utilisation de nouveaux matériaux. Aventor SA est donc née, le 1<sup>er</sup> janvier 2014, pour le sport motorisé, mais surtout pour faire évoluer l'efficacité rapidement.

Deux prototypes à 3 et 4 roues à architecture en biopolymères ont ainsi été réalisés. Ces monoplaces électriques (figure 4) sont extrêmement légères et ne contiennent pas de carbone ou d'autres matériaux non recyclables. Leur masse se situe aux environs des 320 kg et elles peuvent être équipées de différents types de moteurs d'une puissance respective de 30, 80, voire de 120 kW. Leur rapport couple sur masse figure certainement parmi les plus élevés du moment et vont donner lieu à de nouvelles courses où l'énergie, ainsi que sa gestion stratégique par le pilote entrent en jeu.

Ces véhicules offrent un très large spectre de nouvelles perspectives au monde du sport motorisé, notamment en ce qui concerne le respect des normes en matière d'émissions sonores, toujours plus sévères de façon générale et particulièrement pour les circuits automobiles. En effet, l'organisation de cours de conduite, de perfectionnement, de manifestations urbaines et de compétitions peuvent ainsi être envisagées sans les contraintes actuelles.

Il s'agit aussi d'une possibilité pour les sponsors, les investisseurs et les passionnés de s'offrir une image moderne et surtout respectueuse de l'environnement. Comme le dit Mario Hytten, ancien pilote de course et CEO notamment de Planetaire AB [2]: « Le sport est un immense outil de communication. Il a un pouvoir magique pour inspirer les nouvelles attitudes et comportements. Il est fondamental que le sport participe au souhait des futures générations pour une planète respectueuse de l'environnement ». Le sport mécanique demeure un lieu qui fédère autour de valeurs communes toutes les classes sociales et toutes les classes d'âge. Il influence la génération future, celle qui va devoir affronter l'emballement climatique. Il est donc temps de changer d'époque, mais pas de passion.

### Sources et liens

- Manicore. [www.manicore.com/documentation/serre/augmentation.html](http://www.manicore.com/documentation/serre/augmentation.html).
- Site officiel du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch). [www.developpement-durable.gouv.fr/giec](http://www.developpement-durable.gouv.fr/giec).
- Cycle NEDC. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Nouveau\\_cycle\\_europ%C3%A9en\\_de\\_conduite](http://fr.wikipedia.org/wiki/Nouveau_cycle_europ%C3%A9en_de_conduite).
- Office fédéral de l'environnement (OFEV). [www.bafu.admin.ch/CO2](http://www.bafu.admin.ch/CO2).
- Réglementation européenne sur les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules particuliers. [http://www.rac-f.org/IMG/pdf/RAC\\_-\\_Reglement\\_emissions\\_de\\_CO2\\_vehicules\\_particuliersVF-2.pdf](http://www.rac-f.org/IMG/pdf/RAC_-_Reglement_emissions_de_CO2_vehicules_particuliersVF-2.pdf).

### Références

- [1] Adolphe Merkle Institute. [www.am-institute.ch/research/projects/bionanomaterials/gasoline-engine-exhaust-toxicity](http://www.am-institute.ch/research/projects/bionanomaterials/gasoline-engine-exhaust-toxicity).
- [2] Mario Hytten, CEO de Planetaire AB. [http://planetaire.com/downloads/doc/Mario\\_Hytten\\_CV\\_presentation.pdf](http://planetaire.com/downloads/doc/Mario_Hytten_CV_presentation.pdf).

### Auteurs

**Jean-Luc Thuliez** est ingénieur en plasturgie des Arts et Métiers de Paris. Il rejoint en 1990 l'équipe Swatch automobile qui, avec Mercedes à Renningen, deviendra le produit Smart. Ensuite il fonde Cree SA, société qui produira des véhicules électriques propres. Puis il fonde Domteknika SA en 1998, une société d'ingénierie qui servira d'incubateur pour fonder Softcar en 2011 et Aventor SA en 2014.

Softcar SA, 1700 Fribourg, [thuliez@softcar.ch](mailto:thuliez@softcar.ch)

**Maurice Jacot**, ing. dipl. EPFZ, a notamment été CEO aux câbles de Cortaillod où, à la fin des années 80 déjà, il s'est beaucoup investi dans des applications de réseaux utilisant la fibre optique. Il a ensuite eu un mandat de conseiller d'Etat. Puis il est retourné dans le secteur privé, tout d'abord comme administrateur de la société Diast et, ensuite, en tant que président de l'ASE.

Softcar SA, 1700 Fribourg, [jacot@aventor.ch](mailto:jacot@aventor.ch)

### Zusammenfassung

#### Softcar: Ein neues Konzept für Elektrofahrzeuge

##### Ein Auto aus Biopolymeren im Kampf gegen die globale Erwärmung

Leider demonstrieren aktuelle Messwerte eine Zunahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Angesichts der kläglichen Ergebnisse der jüngsten internationalen Konferenzen begünstigt diese Situation in gewisser Weise die Bereitschaft zu einer Strategieänderung: Es ist höchste Zeit zu handeln – auf regionaler Ebene und nicht zuletzt auch auf Bürgerebene. Da auf den Transportsektor ein Viertel der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen entfallen, eröffnet die Elektromobilität eine interessante Möglichkeit, dieser Entwicklung entgegenzusteuern.

Vor diesem Hintergrund erfolgte die Entwicklung des Öko-Autos Softcar, das sich durch eine hohe Umweltfreundlichkeit im Verlauf des gesamten Produktlebenszyklus auszeichnet. Der ultraleichte Karosserieaufbau besticht durch ein leistungsfähiges Crash-Verhalten und besteht hauptsächlich aus geschäumten Biopolymeren und modernen Verbundstoffen, die nach dem Kreislaufprinzip «Cradle to Cradle» recycelbar sind. Dies bedeutet, dass die Materialien nach dem Recycling erneut innerhalb des gleichen Produktionsprozesses verwendet werden können. Auch bei der Konzeption des Fahrwerks, der Radaufhängungen sowie bei weiteren Bauteilen wurden innovative Leichtbautechniken zur Reduzierung des Gewichts angewandt. Die Anzahl der Bauteile wurde ebenfalls massiv verringert: Während ein herkömmliches Fahrzeug aus etwa 40 000 Komponenten besteht, sind es bei Softcar nur 1800 Teile bei einem Gesamtgewicht von 480 kg. Der Kaufpreis liegt schätzungsweise bei CHF 15 000 bis 18 000, die Kosten für den Verbrauch belaufen sich umgerechnet auf einen Liter Kraftstoff auf CHF 1,50 bis 2,00 pro 100 km.

Der Ersatz von 100 000 herkömmlich angetriebenen Fahrzeugen durch Softcar-Fahrzeuge würde die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 300 000 t/Jahr reduzieren, im Gegenzug würde der gegenwärtige Stromverbrauch der Schweiz um 0,2 % ansteigen.

CHe