

La gestion de l'énergie

SUR LA BASE TARA ARCTIC

À bord de *Tara*, nous utilisons différentes formes d'énergie pour pouvoir communiquer, cuisiner, s'éclairer, réaliser les mesures scientifiques, se chauffer, etc. Sans ces énergies la mission ne pourrait pas avoir lieu.

L'énergie sur la base

En prenant l'exemple d'une journée type, il est facile de voir les différentes énergies dont nous avons besoin pour faire fonctionner la base.

Horaires	Activité	Action	Besoin énergétique
7 h	PRÉPARATION DU PETIT DÉJEUNER	<ul style="list-style-type: none"> Faire chauffer de l'eau pour le thé et le café 	Gaz
9 h	COMMUNICATION	<ul style="list-style-type: none"> Lancer une connection Iridium 	Électricité
10 h	BESOIN D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE POUR LA VIE SUR LA BASE. NIVEAU DES BATTERIES FAIBLES : 24,1 VOLTS	<ul style="list-style-type: none"> Allumer les groupes électrogènes (GE) 	Gasoil et kérosène pour alimenter les GE
9 h - 12 h 30	TRAVAIL SUR LA BASE	<ul style="list-style-type: none"> Entretien des trous scientifiques, parfois à la tronçonneuse Entretien en machine Préparation du repas : préparation et cuisson des aliments Production d'eau potable : faire fondre la neige en versant de l'eau bouillante Production d'eau de lavage : faire fondre les morceaux de glace par le circuit du chauffage 	Essence pour la tronçonneuse Électricité pour la lumière et les outils Gaz et électricité Gaz et électricité pour faire bouillir l'eau Gasoil pour le chauffage
12 h 30 - 13 h 15	REPAS	<ul style="list-style-type: none"> Manger 	Gaz et électricité
13 h 15 - 13 h 45	VAISSELLE	<ul style="list-style-type: none"> Laver la vaisselle avec de l'eau chaude 	Fortes puissances électriques fournies directement par les GE pour le chauffe-eau
14 h - 19 h	TRAVAIL SUR LA BASE	<ul style="list-style-type: none"> Mesures océanographiques Entretien en machine Préparation du repas 	Électricité pour la lumière et les outils Électricité pour la lumière Électricité
19 h	COMMUNICATION	<ul style="list-style-type: none"> Lancer une connection Iridium 	Électricité
19 h	BATTERIES CHARGÉES : 24,8 VOLTS	<ul style="list-style-type: none"> Arrêt des groupes électrogènes 	
19 h - 19 h 45	REPAS	<ul style="list-style-type: none"> Manger 	Électricité pour la lumière
19 h 45 - 20 h 30	VAISSELLE	<ul style="list-style-type: none"> Laver la vaisselle avec de l'eau chaude stockée dans le chauffe-eau 	Isolation du chauffe-eau

Le gasoil nous permet de nous chauffer et de produire de l'électricité pour communiquer, nous éclairer...

Le gaz nous permet de cuisiner. Nous consommons une bouteille de 35 kg par mois.

Le kérosène nous permet d'organiser des rotations par avion entre le continent et la base. Le kérosène inutilisé pour les rotations est utilisé pour alimenter un des groupes électrogènes.

→ L'ÉLECTRICITÉ SUR LA BASE

La production de l'électricité sur la base

À bord de *Tara*, il ne nous suffit pas d'appuyer sur un interrupteur pour avoir de la lumière. Nous devons produire notre propre électricité pour ensuite la consommer.

L'électricité est produite principalement par deux groupes électrogènes fonctionnant au gasoil.

Les alternateurs peuvent produire une puissance maximum de 22 kVA (kilovolts-ampères), ce qui est largement supérieur à la consommation du bord ; les groupes sont toujours en sous-régime. Ces groupes électrogènes sont présents depuis l'origine du navire ou presque : l'année 1989.

Quand le groupe électrogène (GE) fonctionne, une partie de l'énergie fournie se dirige vers les chargeurs de batteries et une autre va directement de l'alternateur à l'ensemble du circuit 220 volts du bateau (salle de communication, cuisine, salle de vie commune, cabines, atelier...), car le GE fournit trop de puissance par rapport à l'intensité que peuvent accumuler les chargeurs.

TABLEAU 1 : consommation en gasoil pour le fonctionnement de la base Tara-Arctic. (GÉ et chauffage)

Usages	Consommations en litres de gasoil
Fonctionnement de la base durant le premier hivernage (septembre - avril)	11 772
Fonctionnement de la base pendant la période estivale (mai - juillet)	3 259
Estimation pour le fonctionnement de la base pour le second hivernage (à partir d'août)	9 000

Pour diminuer notre consommation en gasoil (45 litres en moyenne par jour), nous utilisons le vent et le soleil pour produire de l'énergie. 13 panneaux solaires ont donc été installés pendant la période estivale qui va de mai à mi-août. Leur production a couvert entre 15 % et 8 % de nos besoins électriques entre les mois de juin et d'août, selon le rayonnement solaire.

Nous avons aussi installé une éolienne de 3 kW (kilowatts) à proximité du bateau, sur la glace, pendant quelques mois cet été. Les conditions climatiques et de glace n'ont pas permis d'évaluer la production de cette éolienne par rapport à notre consommation électrique.



Comment stocke-t-on l'énergie électrique sur la base ?

Pour éviter que les groupes électrogènes fonctionnent en permanence ; un parc à batteries chargées par les groupes électrogènes alimente le bord en 24 volts.

Les batteries sont chargées pendant 6 heures grâce à trois chargeurs 220 V/24 V (2x100 A, 1x50 A). Les batteries chargées permettent de tenir 18 heures.

Le système de batteries a été doublé pour la dérive afin d'optimiser l'autonomie du navire. Ce qui permet d'éviter de faire tourner les GE en continu pour fournir de l'énergie. Mais aussi pour permettre de stocker l'énergie produite par les panneaux solaires et les éoliennes de la base.



La consommation d'énergie électrique à bord

Quand les groupes électrogènes sont en marche, il n'y a pas de restriction particulière à l'usage d'énergie, car les groupes fournissent un surplus de puissance inexploitée.

Lorsque les GE sont à l'arrêt, seules les batteries fournissent de l'énergie et seulement en 24 volts. C'est pour cette raison qu'un certain nombre d'appareils a été installé directement en 24 volts, comme le chauffage central et l'éclairage.

La base Tara-Arctic a quand même besoin d'un certain support logistique pour être opérationnelle. Des onduleurs convertissent le 24 volts en 220 volts. La salle de communication, la salle de vie commune, la cuisine et la cabine du docteur sont équipées de prises 220 volts reliées à des onduleurs. Mais il est fortement déconseillé d'utiliser des appareils énergivores dans cette configuration, pour conserver au maximum la charge des batteries et ainsi diminuer les temps de fonctionnement du GE.



TABLEAU 2 : quand les groupes électrogènes sont à l'arrêt

Énergie moyenne* fournie par les panneaux solaires entre juin et août en kJ/mois

71.10⁴

Énergie moyenne consommée en 24 volts quand les groupes sont à l'arrêt (= énergie stockée dans les batteries) en kJ/mois

9236.10⁴

TABLEAU 3 : quand les groupes électrogènes sont en marche

Puissance calorifique moyenne consommée par les groupes électrogènes en kJ/mois

2 561.10⁴

Énergie moyenne consommée quand les groupes fonctionnent (=énergie délivrée par les groupes électrogènes) en kJ/mois**

451.10⁴

* Les moyennes pour les tableaux 3 et 4 ont été calculées sur trois mois : juin, juillet et août 2007.

** Remarque : l'énergie électrique délivrée quand les groupes électrogènes fonctionnent comprend
 - l'énergie consommée pour la charge des batteries ;
 - l'énergie consommée hors charge des batteries en 24 volts ;
 - l'énergie consommée en 220 volts (chauffe-eau, sauna).

La différence entre la puissance calorifique consommée par les groupes électrogènes et l'énergie consommée quand les groupes fonctionnent correspond au rendement global de la chaîne de production, qui est le produit du :

- rendement des groupes électrogènes à produire de l'électricité (220 V alternatif triphasé) à partir du gasoil. Ce rendement varie en fonction du taux de charge du GE. Le rendement de 0,3 des GE est particulièrement faible car les groupes sont en général peu chargés, par rapport à leur puissance nominale de 22 kVA ;

- rendement des chargeurs de batteries à convertir du 220 V monophasé en 24 V en courant continu (rendement de 0,8) ;
- rendement du parc à batteries à restituer l'énergie stockée (rendement de 0,8).

Adapter ses gestes en fonction de la disponibilité en énergie

À bord de Tara, nous avons adapté notre comportement en fonction de l'état « marche » ou « arrêt » des groupes électrogènes. Aux heures où le groupe fonctionne, nous passons l'aspirateur, effectuons nos lessives et prenons nos douches (deux personnes par jour) pour avoir de l'eau chaude (chauffée par le chauffe-eau). Le chauffe-eau ne fonctionne qu'en présence du groupe.

La consommation d'énergie, quand les groupes sont à l'arrêt, est principalement due aux appareils qui assurent la chaîne du froid. Un réfrigérateur est positionné dans la cuisine à température ambiante. Deux congélateurs sont placés dans la calle avant, un thermostat leur permet de s'adapter à la température environnante. Ils consomment donc moins d'énergie pendant l'hiver où la température peut atteindre -20 °C.

Cela semble paradoxal d'utiliser de l'énergie pour fabriquer du froid sur la banquise. Mais en été, les températures extérieures peuvent être positives pendant plusieurs jours, nous avons eu jusqu'à +4 °C cet été. Or pour conserver de la viande et du poisson pendant plusieurs mois, il faut pouvoir les maintenir à -18 °C. Imaginer pouvoir conserver ces aliments dans la glace ou la neige est utopiste, car leurs températures suivent celles de l'air ambiant. Si bien que cet été, les températures de la glace tournaient autour de -1 °C et celles de la neige autour de +1 °C...

TABLEAU 4 : postes énergivores à bord en fonction de l'état « marche » ou « arrêt » des groupes

Appareils énergivores	Consommations en watts	Groupes en marche	Groupes à l'arrêt
Réfrigérateur	150	X	X
Deux congélateurs	440	X	X
Chauffe-eau	1 650	X	
Bouilloire électrique	1 800 - 2 200	X	
Cafetière électrique	800	X	

→ L'ÉCLAIRAGE À BORD DE TARA

Lors du chantier de préparation à la dérive, l'éclairage du bateau a été optimisé pour diminuer la consommation électrique lorsque les générateurs sont arrêtés. Les halogènes situés dans le carré ont été changés par des diodes électroluminescentes (LEDs), en essayant de faire un mélange de lumière jaune et blanche. Dans les cabines, les ampoules à incandescence consomment 7 watts ; aucune modification n'a donc été envisagée. L'ensemble des éclairages supplémentaires installés sont des LEDs, afin de consommer au minimum, tout en ayant une luminosité suffisante pour le confort, lorsqu'en hiver, les générateurs sont à l'arrêt.

L'utilisation de la lumière en hiver et en été

Pendant l'été, les lumières sont éteintes quand il n'y a pas d'activité dans une pièce. Dans le carré, les luminaires ne sont jamais allumés, car ce lieu est assez éclairé par la lumière naturelle présente 24 heures sur 24.

Pendant l'hiver 2006-2007, l'utilisation des lampes a été différente pour compenser le manque de lumière naturelle. Le groupe fonctionnaient 12 heures pour charger les batteries, pendant ce temps, trois lampes de 200 watts étaient allumées pour remplacer le soleil. Une fois les groupes éteints les LEDs prenaient le relais.

Maintenant que les groupes ne tournent plus que 6 heures par jour, grâce à l'installation de deux chargeurs de batteries supplémentaires, nous utiliserons en complément des lumières spéciales dites lumières naturelles.

Est-ce qu'il en est de même en France ?

Effectivement, la consommation électrique en hiver est plus importante qu'en été. Ceci est en partie dû au besoin supérieur en éclairage, mais surtout au fait qu'une partie des maisons individuelles sont chauffées par l'électricité.

Le poste éclairage ne doit cependant pas être négligé ; c'est ce qui a entre autre conduit au passage à l'heure d'hiver en France. Une étude estime qu'en 2003, l'économie d'électricité du poste d'éclairage était d'environ 1,2 tWh (térawatt-heure) - soit environ 293 000 tep (tonne d'équivalent pétrole) en équivalence énergie primaire. Ce qui représente 0,28 % de la consommation intérieure d'électricité. Le développement des éclairages performants va diminuer l'intérêt énergétique de cette mesure.

Pour compléter, dans une maison chauffée à l'électricité, le chauffage représente en moyenne 50 % des consommations, et l'éclairage 3 %.

L'éclairage augmente la consommation électrique en hiver

Pour le fonctionnement de la base, nous consommons 70.10^5 kJ/mois en été et 75.10^5 kJ/mois en hiver (ces consommations ne prennent pas en compte le fonctionnement du treuil hydraulique utile aux mesures océanographiques).

La différence entre les deux saisons est due aux renforcements des éclairages en hiver pour remplacer la lumière naturelle.



Marion Lauters/taraexpeditions.org

→ COMMENT EST-IL POSSIBLE DE VIVRE DANS UN ENVIRONNEMENT SI FROID ?

Une bonne isolation

Avant de parler du chauffage, il est important d'aborder la notion d'isolation. Le bateau a été très bien isolé. Ceci permet de se protéger du froid mais surtout de garder la chaleur produite à l'intérieur du bateau. L'isolation a été faite de manière à créer une cellule de vie imperméable au froid. La coque, les planchers et les plafonds sont isolés dans les pièces de vie commune par des plaques de polyuréthane de 200 mm d'épaisseur doublées vers l'intérieur par des vaigrages en contreplaqué.

En France, comment les maisons sont-elles isolées ?

En France, pour respecter la réglementation thermique dans l'habitat, l'épaisseur de l'isolation dépend du matériau isolant. À titre de comparaison avec le bateau, il faut 16 cm de polyuréthane, 17 cm de polystyrène extrudé ou 22 cm de laine de roche sous toiture pour être réglementaire.

Un système de serre pour l'été

Le roof (plafond) du bateau est recouvert de grands hublots en plexiglas qui permettent, en été, de capter la chaleur des rayons du soleil, et ainsi de diminuer ou de supprimer le chauffage.

Le système de chauffage en place à bord de Tara

Le chauffage sur le navire est assuré principalement par une chaudière d'une puissance de 40 kW fonctionnant au gasoil. La chaudière centrale chauffe de l'eau glycolée, qui alimente ensuite

l'ensemble des radiateurs du navire. Il y a un radiateur de 50 cm de large sur 50 cm de haut dans chaque cabine et deux dans la cuisine, un grand de 1 m de long et 50 cm de haut dans la bibliothèque et un dans la coursive.

Les radiateurs alimentés par la chaudière se règlent indépendamment les uns des autres. Chacun dans sa cabine peut



décider de la température qu'il souhaite. Dans le carré, un thermostat est réglé à 20 °C.

Le système d'appoint en cas de problème

Un poêle fonctionnant au gasoil sert d'appoint en cas de dysfonctionnement du chauffage central. Il chauffe simplement par rayonnement, donc réchauffe seulement la pièce où il se trouve (le carré). Pour compenser ce manque d'apport de chaleur dans les pièces les plus éloignées, il est possible d'utiliser des convecteurs électriques



qui fonctionnent seulement avec les groupes électrogènes.

L'utilisation du chauffage en hiver et en été

L'hiver, le chauffage fonctionne en continu pour maintenir une température vivable dans le bateau.

L'été, le chauffage ne fonctionne pas en continu, grâce en particulier à l'apport de chaleur par les grands hublots qui habillent le roof.

Mais en été comme en hiver, la température est à peu près la même. En règle générale, la nuit, la température dans le carré est de 18 °C, et de 16 °C dans la coursive. La journée, la température moyenne est de 20 °C dans l'ensemble du bateau.

Une consommation peu excessive

Pour le chauffage, la consommation moyenne journalière en gasoil est respectivement de 20 litres en hiver, et 7 litres en été.

→ QUELS SONT LES DIFFÉRENTS MODES DE TRANSPORT DANS LE CADRE D'UNE TELLE EXPÉDITION ?

La dérive de la glace est le moteur principal du navire pendant cette expédition.

Le navire a emmené l'équipage jusque dans les glaces en consommant 1 000 litres de gasoil par jour, mais ensuite la glace a pris le relais.

Depuis le 3 septembre 2006, la consommation de Tara en gasoil pour avancer est nulle. En un an, la dérive des glaces a déplacé le bateau de 1 400 km en ligne droite et 4 000 km sur le fond.

Une fois libérée des glaces, Tara démarrera de nouveau ses moteurs principaux pour ramener le bateau à bon port.

TABLEAU 5 : consommation de gasoil de Tara pour le déplacement aller et retour (France - glaces)

Usages	Consommations en litres de gasoil
Trajet du bateau : France - mise en glace	34 259
Estimation du trajet retour du bateau : sortie des glaces - France	15 000

Les moyens de transport sur la base

Pendant l'hiver, les déplacements loin du bateau sont réduits pour des raisons de visibilité et de sécurité.

Pendant l'été, le périmètre s'est largement élargi : jusqu'à 5 km du bateau. Nous nous déplaçons soit à pied, soit à ski.

Durant les deux périodes de rotation d'avril et de septembre, nous avons eu recours à l'utilisation d'une moto-neige pour transporter le matériel entre le navire et les pistes. Cet engin a beaucoup allégé nos efforts. Par exemple, lors de la dernière série de rotations, deux personnes mettaient une demi-journée pour déplacer trois fûts de kérosène sur 3 km. Comparativement en avril, sans moto-neige, nous devions être cinq pendant une journée pour déplacer trois fûts sur seulement 1 km. Le kérosène servait à alimenter les avions en carburant pour le trajet retour : Tara - Svalbard.



Marion Lauters/taraexpeditions.org

Les différents transports comme support logistique

Une expédition d'une telle ampleur demande de gros moyens logistiques. Pour limiter le coût énergétique d'approvisionnement du navire pendant sa dérive, la majorité du matériel a été embarquée lors du départ, en juillet 2006.

Tara a du faire appel à un brise-glace pour se frayer un chemin au milieu du pack lors de la mise en glace et apporter une partie du matériel qui était trop volumineux. Une rotation en MI 8

(hélicoptère) a été aussi mise en place lors de la mise en glace, pour évacuer une partie de l'équipe qui ne faisait pas l'hivernage, mais dont la main-d'œuvre était nécessaire.

Un parachutage de matériels en provenance de Russie avec un Illusion 78 et deux séries de rotation au départ de Longyearbyen avec d'autres avions de moyenne et petite charge (DC3 et Twin Otter), en avril 2007 et en septembre 2007, nous ont permis de

réaliser une campagne scientifique, des changements d'équipage et de fournir au bateau du matériel indispensable au bon déroulement de la mission.

La mission Tara-Arctic, pour vivre et se faire connaître, demande aussi un certain nombre de communication et de mise en place d'événements. Ce qui représente un certain nombre de trajets en avion : environ 200 h de long courrier, soit 128 000 km.

TABLEAU 6 : consommation de gasoil de Tara pour le déplacement aller et retour (France - glaces)

Usages	Consommations de carburant ou kilométrage équivalent.
Hélicoptère pour la mise en glace	30 000 litres de kérosène
Affrètement d'un brise-glace	72 000 litres de gasoil
Rotation en avril pour 35 personnes	4 000 km
Vols France - Longyearben pour 35 personnes	
	30 000 litres de kérosène
Rotation en DC3 pour 35 personnes	
Vols du Twin Otter	15 000 litres de kérosène
Parachutage de Russie	140 000 litres de kérosène
Vols dans le cadre de la communication et de la logistique	12 800 km

→ COMMENT CALCULER L'IMPACT ÉCOLOGIQUE DE LA MISSION ?

Mesurer l'impact sur l'effet de serre de la mission consiste à identifier l'ensemble des activités de l'expédition qui ont pour effet d'émettre des gaz à effet de serre. On utilise l'équivalent carbone pour comparer ces différentes émissions. L'équivalent carbone est la mesure « officielle » des émissions de gaz à effet de serre. Elle est inspirée du Bilan Carbone de l'ADEME.

Dans le cadre de la mission, nous avons considéré différents usages :

- les transports (consommation en gasoil, en essence et en kérosène) ;
- la production d'énergie électrique par les GE (consommation en gasoil et en kérosène) ;
- le chauffage (consommation en gasoil) ;
- la préparation des repas (consommation en gaz), etc.

Il est clairement apparu que les transports recouvraient très largement la majorité des émissions de gaz à effet de serre et plus particulièrement les « transports comme support logistique de l'expédition ».

Une fois que l'ensemble de ces émissions a été estimé, il est important de réfléchir à la diminution de cet impact.

En préparant l'expédition, un certain nombre de choix a été fait pour réduire en amont cet impact :

- utiliser des énergies renouvelables comme le vent et le soleil pour diminuer la consommation en gasoil ;
- doubler la taille du parc à batteries pour augmenter l'autonomie du navire ;
- mettre en place des chargeurs de batteries supplémentaires pour charger plus vite, donc réduire le temps de fonctionnement des GE ;
- changer le type d'huile à moteur par augmenter leur temps de fonctionnement ;
- changer les halogènes situés dans le carré pour des diodes électroluminescentes (LEDs) ;
- installer une cuisinière à gaz pour ne pas être dépendant des groupes électrogènes pour la préparation des repas.

À bord, nous continuons à être attentif aux gestes qu'on peut faire pour réduire cet impact. Par exemple, nous veillons particulièrement à l'entretien des groupes électrogènes, ce qui permet d'éviter une surconsommation. Nous veillons aussi à notre consommation électrique.

Mais pour certaines activités (affrètement du brise-glace, rotations, fonctionnement du navire durant la dérive, etc.), l'expédition est dépendante des énergies fossiles.

C'est pour agir sur cette part incompressible des émissions de gaz à effet de serre que Tara Expéditions envisage un programme de compensation carbone.

→ QU'EN PENSENT LES MEMBRES DE L'ÉQUIPAGE ?

Nous avons posé une question à deux membres de l'équipage :

/ **SAMUEL AUDRAIN**, chef mécanicien - plongeur

/ **MARION LAUTERS**, intendante - chargée de mission

Quels sont tes comportements en France face à l'énergie ?

Samuel Audrain : « Quand je suis en France, je me déplace souvent et j'utilise un camion aménagé. Pour l'électricité, je puise dans une batterie service 12 volts, indépendante de la batterie de démarrage. Ma batterie est chargée par le moteur quand je roule. Sachant que je ne roule pas toujours beaucoup, il faut que je préserve au mieux la charge de ma batterie. Pour cette raison, j'ai installé un système d'éclairage de très faible consommation (néon).

Pour le chauffage, dans mon camion (chauffage au gaz), je l'allume que quand il fait froid (10 °C) pour travailler, et jamais la nuit, sauf quand les températures se rapprochent de 0 °C. J'ai donc plus chaud à bord de *Tara* sur la banquise que dans mon camion en France l'hiver. Mais c'est très agréable de pouvoir être au chaud sur le bateau (20 °C) quand il fait -20 °C dehors ! »

Marion Lauters : « Je vis à Paris dans un appartement. Je pense avoir été bien sensibilisée à la consommation d'énergie, j'essaye donc de développer des réflexes simples comme éteindre la lumière en sortant d'une pièce, ne pas allumer la lumière artificielle quand la lumière naturelle est suffisante... Ce sont des petits gestes qu'on retrouve sur *Tara* quand les groupes électrogènes sont à l'arrêt, pour préserver au mieux la charge de nos batteries. »

→ POUR ALLER PLUS LOIN

Sitographie

www.ademe.fr

www.ademe.fr/ile-de-france

Publications gratuites de l'Ademe

Énergie : comment dépenser moins, Ademe (réf. 4167), avril 2005

Les lampes basse consommation, Ademe (réf. 4534), octobre 2003

Exigez l'étiquette énergie, Ademe (réf. 4133)

Une maison pour mieux vivre, Ademe (réf. 3670), juin 2004

Équipements électriques, Ademe (réf. 3690), septembre 2005

Les éoliennes, Ademe (réf. 4282), juin 2004

Les pompes à chaleur, Ademe (réf. 4288), novembre 2006

Le chauffe-eau individuel, Ademe (réf. 4272), juillet 2006

L'eau chaude solaire collective, Ademe (réf. 3689), mars 2005

L'isolation thermique, Ademe (réf. 5614), juin 2005

La ventilation, Ademe (réf. 3672), mai 2005

Les chaudières performantes, Ademe (réf. 4277), avril 2007

Le chauffage, la régulation, l'eau chaude, Ademe (réf. 4287), octobre 2006

Le test Clim'Act, Ademe (réf. 5528), décembre 2006

Coup de chaud sur la terre, Ademe (réf. 5438), mai 2007

La voiture, Ademe (réf. 4274), mars 2005

Étiquette voiture, Ademe (réf. 5952), mai 2006

Autre publication

Vivons ensemble autrement, Ministère de l'Écologie et du Développement durable (réf. 5944), août 2006

Publication en partenariat avec l'Ademe

L'énergie à petits pas, Actes Sud Junior, novembre 2005

Quelques outils pédagogiques

à l'adresse suivante :

www.ademe.fr/ile-de-france

à la rubrique **Actions transversales – Éducation à l'environnement**

- répertoire des structures et outils pédagogiques en Île-de-France ;
- exposition sur « Les énergies renouvelables » ;
- mallette « Un degré de plus ».