

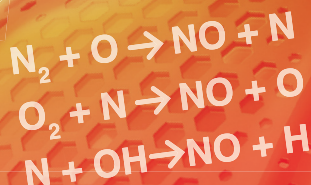
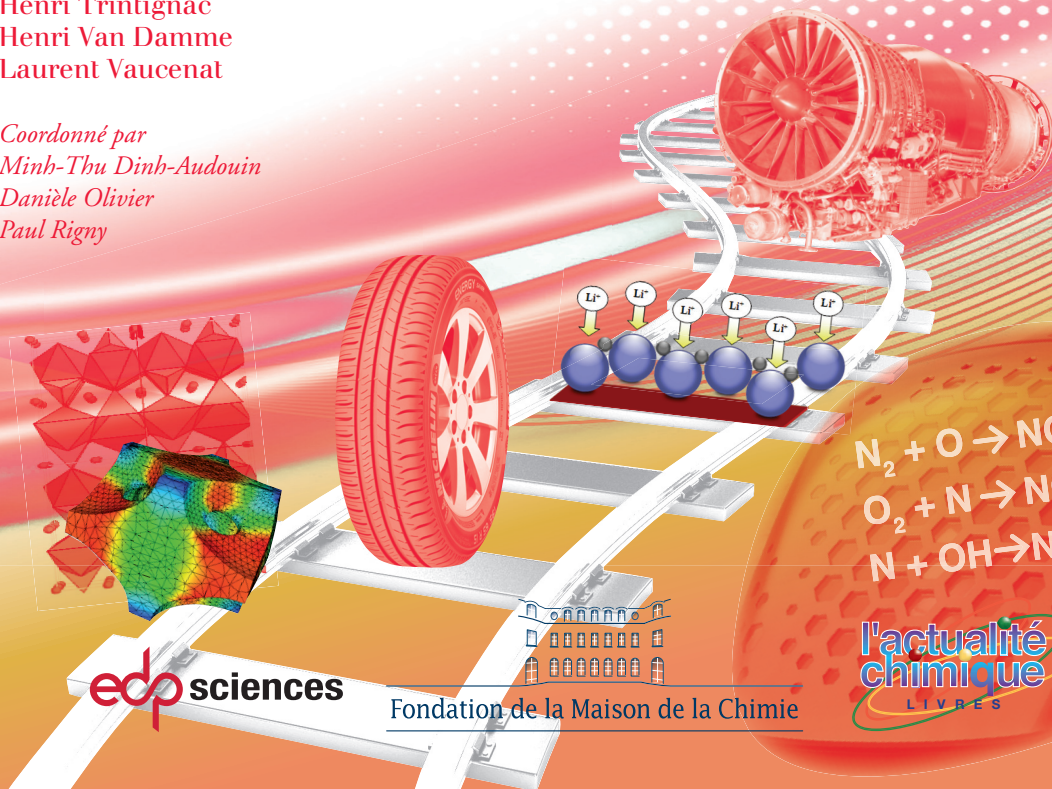


Chimie et transports

Vers des transports décarbonés

Michel Accary
Dominique Aimon
François-Xavier Bécot
Jean Botti
Jean-Pierre Brunelle
Daniel Bursaux
Daniel Cadet
Sébastien Candell
Fabien Chevillotte
François Darchis
Bruno Dubost
Luc Jaouen
Sophie Jullian
Dominique Larcher
Roseline Legrand
Francis Ménil
Henri Trintignac
Henri Van Damme
Laurent Vaucenat

Coordonné par
Minh-Thu Dinh-Audouin
Danièle Olivier
Paul Rigny



edp sciences

Fondation de la Maison de la Chimie

l'actualité
chimique
LIVRES

Chimie et transports



Cet ouvrage est issu du colloque « Chimie et transports, vers des transports décarbonés »,
qui s'est déroulé le 3 avril 2013 à la Maison de la Chimie.

« COLLECTION CHIMIE ET ... »

Collection dirigée par Bernard Bigot

Président de la Fondation internationale de La Maison de la Chimie

Chimie et transports

Michel Accary, Dominique Aimon, François-Xavier Bécot, Jean Botti,
Jean-Pierre Brunelle, Daniel Bursaux, Daniel Cadet, Sébastien Candel,
Fabien Chevillotte, François Darchis, Bruno Dubost, Luc Jaouen, Sophie Jullian,
Dominique Larcher, Roseline Legrand, Francis Ménil, Henri Trintignac,
Henri Van Damme, Laurent Vaucenat

Coordonné par Minh-Thu Dinh-Audouin,
Danièle Olivier et Paul Rigny



Conception de la maquette intérieure et de la couverture :
Pascal Ferrari et Minh-Thu Dinh-Audouin

Images de la couverture : Véhicule électrique : concept-car smart
forvision, Daimler ; moteur M88 du Rafale : www.snecma.com ;
toit du concept-car : BASF. En 4^e de couverture : avion électrique,
EADS ; sous-marin nucléaire, DCNS.

Iconographie : Minh-Thu Dinh-Audouin
Mise en pages et couverture : Patrick Leleux PAO (Caen)

Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-1075-8

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2014

EDP Sciences
17, avenue du Hoggar, P.A. de Courtabœuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France

Ont contribué à la rédaction de cet ouvrage :

Michel Accary

DCNS
Directeur Technique et
Innovation

Dominique Aimon

Groupe Michelin
Directeur de la Communication
Scientifique et Technique

François-Xavier Bécot

Matelys – Research Lab
Co-gérant – associé
Chercheur acoustique et
matériaux poro-élastiques

Jean Botti

EADS
Directeur Général Délégué
Technologie et Innovation

Jean-Pierre Brunelle

Solvay
Directeur Innovation Procédés

Daniel Bursaux

Directeur général
des infrastructures
des transports et de la mer
Ministère de l'Écologie,
du développement durable
et de l'énergie

Daniel Cadet

Alstom
Directeur des affaires
techniques extérieures

Sébastien Candel

Professeur à l'École Centrale
Paris et professeur honoraire
à l'Institut Universitaire
de France,
Laboratoire EM2C,
CNRS (UPR288)
Académie des Sciences
Académie des Technologies

Fabien Chevillotte

Matelys – Research Lab
Co-gérant – associé

François Darchis

Air Liquide
Directeur de la Société
Recherche et Développement,
Nouveaux Métiers Innovation
et Technologies, Propriété
Intellectuelle, Ingénierie
et Construction, Branche
d'Activité Industriel Marchand
(IM).

Bruno Dubost

Constellium
Directeur scientifique
Membre de l'Académie des
technologies

Luc Jaouen

Matelys – Research Lab
Co-gérant – associé

Sophie Jullian

Directrice scientifique
Institut Français du Pétrole
Énergies Nouvelles (IFPEN)

Dominique Larcher

Professeur à l'Université
de Picardie Jules Verne
Laboratoire de Réactivité
et Chimie des Solides,
UMR CNRS 7314
Réseau sur le Stockage
Électrochimique de l'Énergie
(RS2E), FR CNRS 3459

Armand Lattes

Professeur Émérite
des Universités
Université Paul Sabatier
(Toulouse)

Roseline Legrand

Directrice générale adjointe
du SYTRAL (SYndicat mixte des
Transports pour le Rhône et
l'Agglomération Lyonnaise)

Francis Ménil

Directeur de recherche CNRS
Laboratoire d'Intégration des
Matériaux aux Systèmes (IMS)
Université de Bordeaux

Henri Trintignac

A&H Conseil
Président

Henri Van Damme

Directeur scientifique
d'IFSTTAR (Institut
Français des Sciences et
Technologies des Transports,
de l'Aménagement et des
Réseaux)

Laurent Vaucenat

Directeur Monde Grands
Comptes Renault-Nissan/PSA
au sein de BASF
Directeur de l'activité Peinture
Constructeur du site de BASF
(Clermont de l'Oise), BASF

Équipe éditoriale :

**Minh-Thu Dinh-Audouin,
Danièle Olivier
et Paul Rigny**

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'hgh'dnc pm

Sommaire

Avant-propos : par **Danièle Olivier** et **Paul Rigny** 9

Préface : par **Bernard Bigot**..... 11

Introduction

Les infrastructures de transport et l'exploitation
du réseau

Partie 1 : Le cas des transports urbains
de l'agglomération lyonnaise
d'après la conférence de **Roseline Legrand** 15

Partie 2 : Les apports de la chimie
dans les projets d'avenir
par **Henri Van Damme** 23

Partie 1

La chimie au service du futur des véhicules

Introduction par **Armand Lattes** 43

Chapitre 1 : La catalyse au service
de l'automobile
par **Jean-Pierre Brunelle** 49

Chapitre 2 : Comment la chimie
contribue-t-elle à la performance
des véhicules électriques de demain ?
d'après la conférence de **Laurent Vaucenat** 63

Chapitre 3 : La chimie donne des ailes
d'après la conférence de **Jean Botti**..... 73

Chapitre 4 : La chimie et le rail
d'après la conférence de **Daniel Cadet** 81

Chapitre 5 : Chimie et construction navale
par **Michel Accary** 93

Partie 2

Matériaux et transports durables

Chapitre 6 : Les alliages d'aluminium
pour l'allègement des structures dans
l'aéronautique et la carrosserie automobile
par **Bruno Dubost** 105

Chapitre 7 : Le pneumatique : innovation et haute technologie pour faire progresser la mobilité par Dominique Aimon	135
Chapitre 8 : La zircone, matériau phare contre la pollution des échappements automobiles par Francis Ménil	149
Chapitre 9 : Vers une connexion des corps de métiers, pour des microstructures améliorées pour les transports d'après la conférence de François-Xavier Bécot avec les contributions de Fabien Chevillotte et Luc Jaouen	161

Partie 3

Énergie et transports durables

Chapitre 10 : La combustion et les défis de la propulsion aéronautique et spatiale par Sébastien Candel	175
Chapitre 11 : Vers des transports décarbonés : carburants, combustion et post-traitement pour les transports routiers par Sophie Jullian	195
Chapitre 12 : Le moteur thermique comparé au moteur électrique. Enjeux et contraintes par Henri Trintignac	215
Chapitre 13 : Le stockage de l'énergie dans le monde des transports par Dominique Larcher et François Darchis	229
Conclusion : Qualité de vie et mobilité par Daniel Bursaux	257

Avant-propos

Depuis 2007, la Fondation de la Maison de la Chimie organise des colloques destinés à un large public de chimistes – étudiants, enseignants, ingénieurs, décideurs, chercheurs non spécialistes, journalistes – pour faire prendre conscience que cette discipline (prise comme science ou comme technique) est présente au cœur de toutes les activités techniques qui nous entourent, même si, bien souvent, elle n'est pas d'abord identifiée comme le partenaire indispensable qu'elle est.

Ces colloques sont repris sous forme de livres, qui présentent les conférences mises en forme pour utilisation par les lecteurs, et constituent une collection « Chimie et... », publiée par les éditions EDP Sciences. C'est ainsi que sont parus : *La chimie et la mer, ensemble au service de l'homme*, *La chimie et la santé au service de l'homme*, *La chimie et l'art, le génie au service de l'homme*, *La chimie et le sport*, *La chimie et l'alimentation, pour le bien être de l'homme*, *La chimie et l'habitat*, *La chimie et la nature*, *Chimie et enjeux énergétiques*, et qu'aujourd'hui, nous présentons *Chimie et transports*. Si riche qu'elle

soit déjà, cette liste n'épuise pas l'ensemble des activités humaines qui bénéficient de la chimie, et d'autres colloques sont en préparation, qui donneront naissance à d'autres ouvrages dans les mois et les années qui viennent.

Si les transports ont toujours été un élément déterminant du développement de la civilisation humaine, ce domaine connaît aujourd'hui une dimension historiquement complètement nouvelle à l'heure du transport aérien et de la généralisation du transport automobile. Par ailleurs, les outils qui permettent cette activité semblent menacés par l'appauvrissement que l'on connaît sur la disponibilité en matières premières (pas seulement celles qui fournissent les carburants mais aussi celles qui sont à la base des matériaux constitutifs des équipements). Autant dire que nous avons, avec les transports, affaire à un défi vital pour la civilisation à laquelle nous sommes attachés. *Chimie et transports* montre comment ce défi sollicite la chimie par nombre de ses branches (chimie de la combustion, chimie des matériaux polymères, chimie des métaux, modélisation,

etc.). Malgré les points de vue optimistes que l'on peut entendre (« la voiture électrique, c'est déjà au point... », « les biocarburants, c'est un domaine maîtrisé », etc.), il ne faut pas cacher que ces défis ne sont pas encore gagnés : de nouveaux efforts, de nouvelles recherches doivent être poursuivis – et tout particulièrement dans le domaine de la chimie – pour que des ruptures sociétales extrêmes soient évitées.

La publication de ces ouvrages est liée à une autre opération de diffusion de la Chimie menée par la Fondation de la Maison de la Chimie : la création, le lancement et la mise à jour d'un site Internet, dénommé Médiachimie (www.mediachimie.org), qui donne à tous ceux qui s'intéressent à cette discipline – et prioritairement au monde de l'éduca-

tion – la possibilité de trouver les réponses aux questions qu'ils se posent sur la chimie. À (idéalement) toutes les thématiques abordées, Médiachimie fait correspondre des « ressources » qui permettent au lecteur d'aller plus loin dans sa compréhension. Les ouvrages « Chimie et... » constituent des ressources – déjà mises en forme pour un large public – qui sont particulièrement adaptées dans ce contexte et sont reprises par le site Médiachimie.

Danièle Olivier,

*Vice-présidente
de la Fondation de la Maison
de la Chimie*

Paul Rigny,

*Conseiller scientifique
après du président
de la Maison de la Chimie*

Préface

La mobilité est un sujet de grande actualité non seulement à l'échelle nationale mais plus encore à l'échelle mondiale. Pour s'en convaincre, il suffit d'avoir en tête que : en moyenne chaque français parcourt chaque jour de l'année, hors déplacements pédestres et donc en utilisant un moyen de transport individuel ou collectif, plus de 25 kilomètres, en y consacrant environ une heure de son temps ; ou que l'ensemble de la planète compte actuellement 1,1 milliard de voitures particulières, nombre qui s'accroît au rythme de 35 millions par an, soit 100 000 nouvelles voitures en plus chaque jour ; ou bien encore qu'il y a 20 000 avions de ligne qui circulent quotidiennement dans le monde, qu'ensemble ils effectuent environ 30 millions de vols par an et parcourent quelque 90 milliards de kilomètres. Songeons aussi que le nombre de véhicules particuliers utilitaires est passé en France de 23 millions en 1982 à 38 millions en 2012, et en 2012, en France encore, nous avons consommé 50 milliards de litres d'essence ou de diesel pour nous transporter, soit en moyenne pour chacun d'entre nous, par jour et par personne, des plus jeunes aux plus an-

ciens, 2 litres de ces combustibles. Et pour conclure ces données statistiques, sachons qu'en France, l'automobile individuelle représente 65 % des kilomètres parcourus chaque année, la marche à pied seulement 22 %, les transports en commun 8 % et les deux roues 5 %.

Si nous y réfléchissons un instant nous serons vite convaincus que la chimie est toujours à la source, au cœur ou en aval de ces déplacements. En effet elle contribue à produire les matériaux indispensables à la fabrication des voitures, deux roues, métro, tramways, avions, trains ou bateaux, elle permet de réduire leurs émissions et leurs nuisances, elle assure la transformation de grandes quantités de matières premières en énergie pour leur motorisation. Elle permet de recycler les équipements utilisés en fin de vie, elle contribue à la construction des infrastructures et à leur maintenance. Les défis sont donc considérables pour améliorer l'efficacité et le confort des transports mais aussi pour réduire leur coût et leurs inévitables effets non désirés.

Cet ouvrage issu du colloque organisé par la Fondation de la Maison de la Chimie le

3 avril 2013 est fait pour que chacun ait accès aux informations nécessaires à un débat éclairé et serein. En coordonnant sa publication, la Fondation de la Maison de la Chimie est pleinement dans ses missions. En effet, depuis sa création en 1934, il y a donc 78 ans, l'une de ses missions principales est de travailler à l'expansion et au développement de la science chimique et à sa promotion, ainsi que de toutes ses applications, en facilitant les rencontres entre les savants, les ingénieurs, les entrepreneurs et l'ensemble de nos concitoyens, pour permettre une meilleure compréhension mutuelle des enjeux dont chacun est porteur. Dans ce cadre, nous avons particulièrement intensifié nos efforts pour aider à faire prendre conscience à un large public, non spécialiste, de l'apport de la chimie dans la vie quotidienne, préparer l'avenir en encourageant les jeunes à s'orienter vers l'industrie et la recherche, et contribuer ainsi au développement d'une industrie chimique innovante et compétitive. La série des ouvrages de la collection « Chimie et... », dont celui-ci est le neuvième, répond à ces objectifs. Les thèmes transdisciplinaires choisis ont toujours une grande importance sociale, scientifique, technique, économique ou culturelle, et correspondent à la volonté de mettre la science au service des hommes et à l'amélioration de leur qualité de vie. Le domaine des transports connaît depuis plusieurs décennies un développement ininterrompu. La croissance

démographique, le développement de la mondialisation des échanges, l'augmentation du nombre et de la taille des villes avec la séparation de plus en plus fréquente entre le lieu de vie et le lieu de travail, l'augmentation de niveau de vie de nombreuses personnes, induisent un accroissement important de la demande de transport. Dans le précédent ouvrage de la collection, *Chimie et enjeux énergétiques*, publié en septembre 2013, il est montré que les transports représentent un tiers de la consommation d'énergie finale mondiale et que les émissions de dioxyde de carbone, ou plus généralement des gaz à effet de serre, qui en résultent, ne cessent d'augmenter depuis plus de vingt ans. Sans évolution dans ce domaine, les conséquences environnementales atteindront des limites difficilement supportables, en termes de réchauffement climatique et de dégradation de la qualité de l'air, mais aussi en conséquences sociales et économiques : énergie, aménagements urbains et autoroutiers, temps perdu dans les embouteillages, etc.

La chimie est, nous le savons, étroitement associée à la recherche de solutions innovantes qui associent l'ensemble des acteurs de la filière transports. Des responsables et des experts de la recherche et de l'innovation dans tous les domaines des transports ont accepté de contribuer à la réalisation de cet ouvrage pour nous expliquer, en termes compréhensibles par tous mais néanmoins avec la plus grande rigueur scientifique,

les derniers résultats de leurs travaux et de leurs projets, réalistes, d'évolution et d'innovation dans ce domaine éminemment transdisciplinaire.

Il y va de notre qualité de vie mais aussi de notre développement économique et de l'emploi manufacturier dans notre pays. Les défis industriels à relever sont nombreux. Il n'existe jamais d'approche ou de réponse unique à un défi de ce type. Les meilleures solutions résultent de la synergie des talents et des efforts. Ce 9^e ouvrage de la collection « Chimie et... » en est particulièrement l'illustration, puisque deux chapitres sont largement centrés sur les politiques publiques, avec les dimensions liées à l'urbanisme, la sociologie et en relation avec la qualité de la vie.

Organisé en trois parties, la première partie porte sur le thème de la chimie au service du futur des véhicules, où tous les domaines sont abordés : automobile, transport ferroviaire, transport maritime, transport aérien. En effet dans tous ces domaines, avec bien sûr des spécificités, la chimie intervient, au niveau de la production, de la distribution et du stockage de l'énergie, avec notamment le domaine des hydrocarbures, où il faut prendre en compte les exigences en termes d'économie de la ressource, de maîtrise de croissance de la demande et de réduction de l'impact environnemental et climatique ; avec des recherches concernant la modélisation des phénomènes de combustion pour tenter de réduire encore la consommation kilométrique ; avec les batteries aussi, et

les piles à combustible pour améliorer leur indispensable compétitivité.

La seconde partie montre que l'amélioration des performances, la durabilité de la sécurité et du confort des véhicules passent par l'amélioration des propriétés des matériaux existants ou le développement de nouveaux matériaux tels que de nouveaux alliages métalliques, des matériaux composites pour l'allègement des structures, l'usage des fibres de carbone ou polymères, des résines, des mousses, des colles, des huiles et lubrifiants, une multiplicité de produits de haute technologie, dont les caractéristiques peuvent être adaptées sur mesure, et enfin, de la physico-chimie, de l'électrochimie ou de la biochimie, qui interviennent dans des domaines de recherche aussi divers que la qualité de l'atmosphère dans le véhicule, la protection contre la corrosion ou les nombreux capteurs électroniques, désormais embarqués.

La troisième partie permet d'approfondir, grâce à des exemples d'applications, certains points relevant des domaines de l'énergie : la combustion, les carburants, le stockage.

Je vous en souhaite une agréable lecture

Bernard Bigot

*Président de la Fondation
Internationale de la Maison
de la Chimie*

*Administrateur Général
du CEA*

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'hgh'dncpm

Les infrastructures de transport et l'exploitation du réseau

Roseline Legrand est directrice générale adjointe du SYTRAL¹ (SYndicat mixte des Transports pour le Rhône et l'Agglomération Lyonnaise).

Henri Van Damme est directeur scientifique de l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR)².

1 Le cas des transports urbains de l'agglomération lyonnaise

D'après la conférence de
Roseline Legrand

1.1. Présentation d'une autorité organisatrice des transports : le SYTRAL

Une autorité organisatrice des transports est une collectivité publique en charge de l'organisation des transports publics urbains. Pour le

SYTRAL, le périmètre d'action couvre 68 communes, environ 600 km² de surface (20 km sur 30), et représente une population de 1,3 millions d'habitants (**Figure 1**).

Le réseau de transports en commun lyonnais est le deuxième réseau de France en termes d'offre et d'usage, avec cinq modes de transport : métro, funiculaire, tramway, trolleybus et bus. Il assure 1,4 millions de voyages par jour. Les caractéristiques du réseau lyonnais

1. www.sytral.fr

2. L'IFSTTAR est un organisme public civil de recherche français (EPST) créé par décret interministériel du 30 décembre 2010. Il est placé sous la tutelle du ministère de l'Écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche. www.ifsttar.fr.

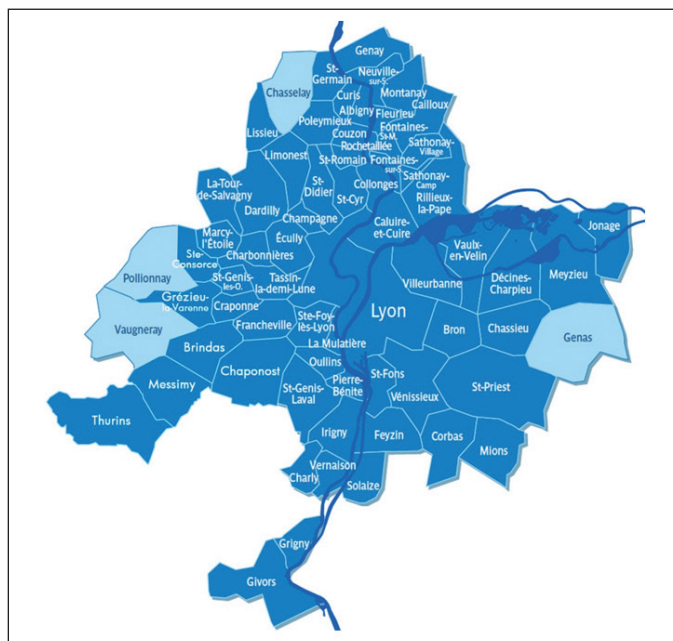


Figure 1

Périmètre d'action du SYTRAL :
 – 58 communes et 4 villes périphériques ;
 – adhésion de six nouvelles communes en 2013 (Brindas, Chaponost, Greyzieu-la-Varenne, Messimy, Ste Consorce and Thurins) ;
 – 613 km² ;
 – 1.3 million d'habitants.

l'on voit en bleu sur le plan simplifié du réseau (**Figure 2**), et qui contient 7 000 places de parking ainsi que la prégnance des déplacements électriques (70 % des déplacements se font sur le mode électrique) grâce au métro, au tramway et au trolleybus. La gouvernance du SYTRAL est composée d'élus, à la fois de la communauté urbaine de Lyon et du Conseil général du Rhône (**Figure 3**).

sont d'abord la continuité entre les modes de transports (le maillage), à la fois entre les différents modes

de transport en commun, mais aussi avec les infrastructures routières, par le biais de parkings relais, que

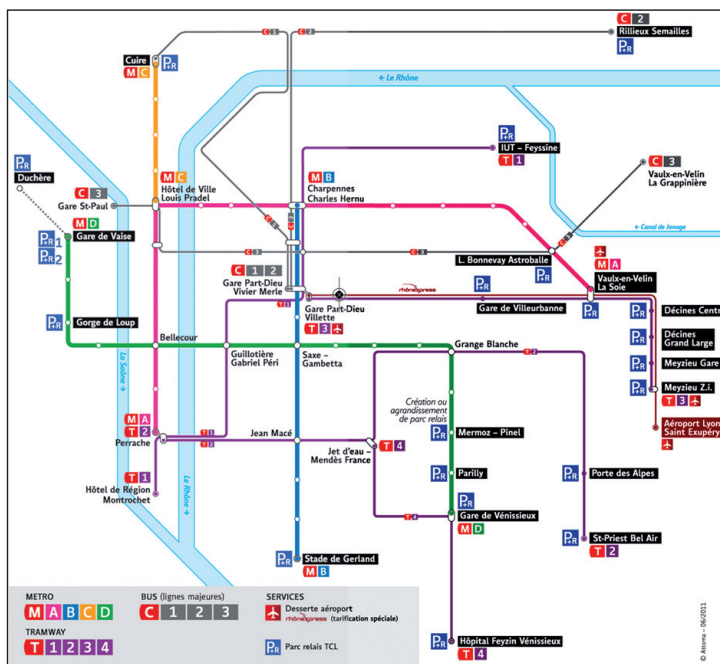


Figure 2

*Schéma du réseau
de transports lyonnais.*

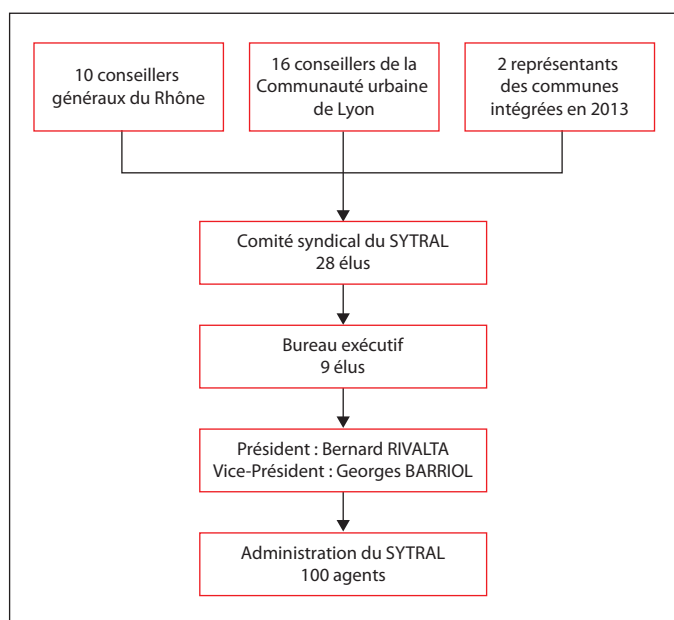


Figure 3

Structure du SYTRAL.

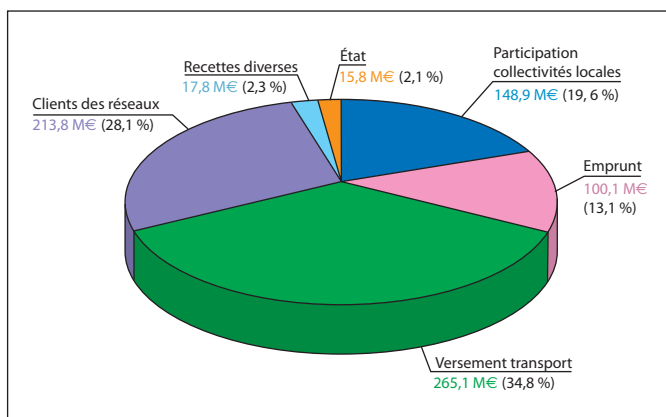
Le rôle d'une autorité organisatrice de transports, c'est d'abord de financer le réseau de transport et son développement, d'assurer la propriété de toutes les infrastructures, de l'équipement et du matériel roulant qui composent ce réseau ; c'est de déterminer l'offre de transport adaptée à la fois aux évolutions démographiques, économiques et urbanistiques de l'agglomération ; c'est également de déterminer la politique tarifaire et de définir les normes et les qualités de service. En revanche, le SYTRAL n'est pas un exploitant. L'exploitation est déléguée à des entreprises et il s'agit à Lyon de l'entreprise Kéolys, comme il s'agit en Ile-de-France, par exemple, de la RATP notamment.

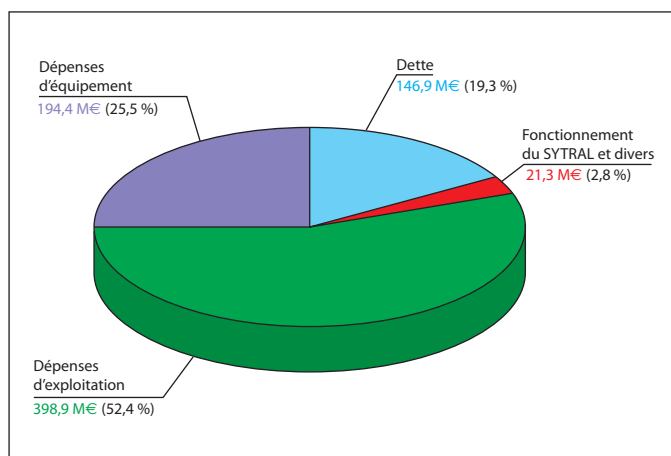
Le budget du SYTRAL est d'environ 760 millions d'euros (**Figure 4**). La première source du SYTRAL est ce

qu'on appelle le « versement transports », une taxe payée par les entreprises et basée sur leur masse salariale. La deuxième ressource du réseau, qui représente environ 28 % des ressources, ce sont les produits de la vente de tickets, de la vente d'abonnements et des amendes. Enfin, la troisième ressource est la participation des collectivités locales à hauteur de 20 %

Figure 4

Répartition des recettes du SYTRAL – 761,5 M€ (budget 2013).



**Figure 5**

Répartition des dépenses du SYTRAL – 761,5 M€ (budget 2013).

environ ; cette ressource provient de l'impôt local, participation à la fois du Grand Lyon, de la communauté urbaine et du conseil général du Rhône.

Pour ce qui concerne les dépenses SYTRAL (**Figure 5**), plus de la moitié en sont liées à l'exploitation du réseau – c'est ce que le SYTRAL verse à son exploitant – et un quart sont des dépenses d'investissement, d'exploitation du réseau et de renouvellement du patrimoine du matériel roulant.

1.2. Économiser l'énergie, décarboner et dépolluer les transports urbains : les enjeux du SYTRAL

Conformément aux engagements politiques pris à tous niveaux, les objectifs prioritaires adoptés sont la « décarbonation » et la dépollution. La décarbonation signifie la limitation des émissions de gaz à effet de serre, et donc la lutte contre le réchauffement climatique. La dépollution, c'est la limitation des émissions polluantes locales auxquelles sont exposés les

habitants. Ce sont des préoccupations qui sont distinctes et d'ailleurs parfois antagonistes : ainsi, une ville compacte permet de réduire les distances parcourues et est donc favorable à la limitation des gaz à effet de serre ; elle n'est pas forcément propice pour réduire l'exposition d'une grande partie de la population aux polluants locaux, aux particules fines notamment.

Face au changement climatique donc, le Grand Lyon s'est fixé pour objectif de devenir une agglomération sobre en carbone, en s'engageant à réduire d'ici 2020 ses émissions de CO₂ de 20 %, de réduire également de 20 % sa consommation énergétique et d'accroître sa part d'énergies renouvelables, en consommant 20 % d'énergies renouvelables.

Une agglomération sobre en carbone, cela veut dire des transports sobres en carbone. Cela implique d'abord de limiter l'utilisation de la voiture en ville, par exemple en réduisant les possibilités de stationnement et en diminuant les infrastructures routières au profit d'autres modes comme la marche, le vélo ou les transports en commun. Il faut aussi favoriser le report modal (optimiser le choix du moyen de transport), notamment par la création d'une centrale de mobilité, qui permet de calculer des itinéraires tous modes – voiture, transports en commun, vélo, marche à pied – en fonction des conditions réelles de circulation. Il faut également développer le covoiturage et l'utilisation de voitures en libre-service.

Enfin, et ceci concerne plus directement le SYTRAL, on a adopté l'objectif d'*augmenter de 25 % le nombre de voyages en transports en commun d'ici 2020*, ce qui est le double de l'augmentation tendancielle. Si l'on y arrive à augmenter ces voyages de 25 %, cela permettra de réduire les émissions de CO₂ de 75 000 tonnes par an, c'est-à-dire réduire de 1 % les émissions de CO₂ de l'agglomération.

Pour ce qui concerne la pollution, la politique du SYTRAL intègre le fait que la qualité de l'air devient un enjeu de santé publique. En 2009, plus de la moitié des Lyonnais était exposées à des valeurs supérieures aux limites recommandées pour le dioxyde d'azote et plus du quart pour les particules fines. Or, le transport est la première source d'émissions de dioxyde d'azote (plus de 30 % des émissions) et de monoxyde de carbone ; il est responsable des trois quarts des émissions de particules fines. Le réseau de transports en commun lyonnais (TCL), compte tenu du fait que le mode électrique est prédominant, est relativement peu polluant : avec environ 17 % de part de marché (de part modale), il ne représente que 2 à 3 % des émissions polluantes. Il reste néanmoins des marges de progrès.

1.3. Les leviers d'action

Les moyens dont dispose une autorité organisatrice de transports pour parvenir à consommer moins d'énergie, dépolluer et décarboner ces transports concernent des échelles très diffé-

rentes. Certains portent sur le long terme, d'autres sur le court terme ; certains sont à l'échelle du territoire de l'agglomération, tandis que d'autres concernent simplement le patrimoine du SYTRAL et le comportement de son exploitant. Certains des moyens à mettre en œuvre sont très coûteux, tandis que d'autres sont au contraire générateurs d'économies ; certains ressortissent à des innovations technologiques, d'autres à des solutions organisationnelles. Mais c'est bien l'ensemble de ces moyens que doit mettre en œuvre la collectivité publique pour parvenir à atteindre ses objectifs de dépollution. On verra ensuite les contraintes que l'on rencontre pour atteindre ces objectifs.

À l'échelle de l'agglomération, le premier moyen c'est d'agir sur la planification urbaine. Ainsi, le schéma de cohérence territoriale de l'agglomération prévoit que 70 % des 150 000 nouveaux logements qui seront construits d'ici 2030 devront l'être dans des zones déjà urbanisées. Il impose également que toutes les nouvelles zones ouvertes à l'urbanisation soient préalablement desservies par les transports en commun, qu'il s'agisse du train, des lignes régionales ou des transports en commun urbains. Les moyens dont dispose une autorité organisatrice de transports, c'est de privilégier les modes de déplacement non polluants, donc la marche et l'utilisation du vélo notamment, de favoriser l'usage des transports en commun, de réduire l'impact de ces transports sur l'environnement, et



La chimie et l'habitat

Jean-Claude Bernier, Alain Ehrlicher, Daniel Gronier, Patrice Hamelin, Marc J. Ledoux, Carole Leroux, Daniel Lincot, Jacques Méhu, Jean-Marie Michel, Guy Némot, Valérie Pernelet-Joly, Dominique Plée, Daniel Quénard, Juliette Ruchmann, Johann Souvestre et Jean-Paul Viguier

Les progrès de la chimie conditionnent cette activité traditionnelle de l'humanité qu'est l'aménagement de son habitat. Elle offre à l'architecte une palette riche. À côté des bois ou des bétons, c'est l'irruption des vitrages modernes, textiles nouveaux et matériaux polymères. Face aux défis du développement durable et à la recherche du confort, la chimie permet d'éviter le gaspillage, d'utiliser l'énergie solaire ou le biogaz issu des déchets ménagers, de recycler des matériaux des bâtiments vétustes, ou encore de fournir des peintures issues de végétaux. Quant au confort, s'il est lié aux matériaux, il exige aussi le contrôle de la qualité de l'air intérieur.

• octobre 2011 • ISBN : 978-2-7598-0642-3 • 292 pages • 25 €

La chimie et le sport

Alain Berthoz, Jean-François Caron, Marie-Florence Grenier-Loustalot, Charles-Yannick Guezennec, Pierre Letellier, Claude Lory, Denis Masegla, Nicolas Puget, Isabelle Queval, Yves Rémond, Fabien Roland, Jean-François Toussaint et Jean-Luc Veuthey

Débattre sur les rapports entre chimie et sport illustre l'extrême diversité de la chimie : on y sollicite autant la chimie moléculaire que la chimie des matériaux. Loin de n'être qu'une activité ludique, facteur du bien-être physique et mental, le sport est un véritable révélateur de la quête du « toujours mieux » qui caractérise l'humanité. L'analyse de la progression des performances sur la longue durée montre de façon impressionnante la symbiose entre deux approches a priori si distinctes : progression régulière par une meilleure maîtrise du corps, progrès discontinus par les innovations technologiques. Dans les deux domaines, c'est la chimie qu'il faut convoquer ; on ne s'étonnera donc pas que le sportif qui s'attache à déborder des limites « naturelles » rencontre la chimie dont c'est aussi l'objectif constant.

• janvier 2011 • ISBN : 978-2-7598-0596-9 • 264 pages • 25 €





La chimie et l'alimentation

Marie-Josèphe Amiot-Carlin, Marc Anton, Monique Axelos, Valérie Baduel, Michel Barel, Catherine Bonazzi, Cécile Canlet, Sylvie Chevolleau, Jean-Pierre Cravedi, Laurent Debrauwer, Marc Despraïries, Patrick Etiévant, Pierre Feillet, Vincent Gros, Sylvain Guyot, Claude-Marcel Hladik, Sabrina Krief, Xavier Lerverve, Gérard Pascal, Pierre Stengel, Hervé This et Gilles Trystram

La bonne alimentation et la chimie seraient incompatibles. Le livre montre que c'est pourtant grâce à la chimie que l'industrie agro-alimentaire peut garantir la sécurité sanitaire de ses produits et qu'elle peut de mieux en mieux satisfaire les demandes des consommateurs. Les experts scientifiques et industriels donnent toutes les informations qui permettent de se forger une opinion personnelle sur la place de la chimie

dans une « bonne alimentation » et de comprendre son rôle dans les processus de transformation, de conservation et d'assimilation des aliments.

• octobre 2010 • ISBN : 978-2-7598-0562-4 • 242 pages • 25 €

La chimie et l'art

Christian Amatore, Anne Bouquillon, Sophie Descamps-Lequime, Rose Agnès Jacquesy, Koen Janssens, Jean-Claude Lehmann, Michel Menu, Marc Thébault, Bernard Valeur et Philippe Walter

Ce livre, issu d'un colloque entre artistes et chimistes témoigne de l'importance de ces deux mots pris ensemble. Car avant l'émotion, avant l'existence, l'oeuvre d'art n'est que matière — le bois du violon, le pigment de la couleur, la substance de la sculpture.

• juin 2010 • ISBN : 978-2-7598-0527-3 • 228 pages • 25 €

