



UNE PISTE CYCLABLE, dont l'une des deux voies (à gauche) est constituée de panneaux solaires sur une longueur de 100 mètres, a été inaugurée fin 2014 à Krommenie, aux Pays-Bas. Il s'agit d'une expérimentation pilote de route à énergie positive, produisant de l'électricité qui alimenterait l'éclairage, la signalisation, etc.

en composés stables qui sont ensuite lessivés par les pluies. Par exemple, le fabricant français *Eurovia* commercialise un revêtement censé éliminer plus de 4 milligrammes d'oxydes d'azote par mètre carré et par heure.

## Des chaussées en kit

Les routes devant répondre à des exigences de plus en plus complexes, une approche est de concevoir des éléments de chaussée préfabriqués en usine, qui seront utilisés sur des tronçons rectilignes limités. Ces éléments intégreront dans leur épaisseur les aménagements nécessaires aux différents réseaux (électricité, communications, etc.). Dans ce contexte, les ingénieurs développent des procédés de pose rapide qui raccourciront la durée des chantiers de construction. Et avec la possibilité de démonter ces éléments de chaussée, on pourra aisément remplacer ceux qui sont défectueux ou accéder aux réseaux souterrains.

Le procédé est d'ores et déjà utilisé pour certaines intersections de rues et voies de tramways. Par exemple, aux Pays-Bas, une section de l'autoroute A12 a été réalisée en 2006 sous forme de chaussée modulaire reposant sur des fondations à base de pieux. Cette chaussée modulaire, élaborée par le consortium *ModieSlab*, permet de franchir

## Moins de chaleur, plus de lumière

On peut concevoir des revêtements qui font jouer aux chaussées urbaines un rôle de régulation thermique. Grâce à leur grande porosité, donc à l'air qu'ils contiennent, les enrobés drainants peuvent servir d'isolants, afin d'empêcher que le sol urbain emmagasine de la chaleur. Par ailleurs, en employant des granulats clairs, non seulement on rafraîchit le milieu urbain en période estivale (en augmentant l'albédo, la part du rayonnement réfléchi vers le ciel), mais on diminue aussi la puissance de l'éclairage public nocturne pour un même confort visuel des usagers.

des zones à sols très compressibles, à la façon d'un petit ouvrage d'art.

En France, deux sections expérimentales de « chaussée urbaine démontable », l'une à Saint-Aubin-lès-Elbeuf, près de Rouen, l'autre à Nantes, démontrent la capacité à construire des chaussées pouvant être rapidement et facilement ouvertes et refermées, à l'aide d'un matériel léger et silencieux, ce qui réduit la gêne occasionnée par les travaux d'entretien des réseaux en sous-sol (voir les photographies page 33).

## Produire de l'énergie

Dans le domaine du transport routier, la transition énergétique a pour écho la notion de routes à énergie positive, c'est-à-dire des routes qui collecteront de l'énergie pour leur propre usage – régulation thermique, signalisation, éclairage, etc. Il s'agira aussi de fournir l'énergie nécessaire aux véhicules électriques non seulement à partir de stations-services ou bornes adaptées, mais aussi à partir de dispositifs d'alimentation électrique continue route-véhicules.

Comment cela peut-il se traduire concrètement ? L'une des idées est d'exploiter l'énergie solaire, en tirant profit de la grande superficie occupée par les routes, emprises et espace roulant compris.

En Bavière, une usine photovoltaïque de un mégawatt a ainsi été installée le long de l'autoroute A94 en exploitant les pentes des déblais autoroutiers, ce qui évite tout conflit d'usage des terres agricoles. De façon plus novatrice, on peut recouvrir l'espace roulant lui-même de panneaux photovoltaïques.

Dans le cadre du projet *SolaRoad*, le TNO (l'Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique appliquée) a ainsi conçu des panneaux de cellules photovoltaïques en silicium cristallin recouvertes d'une couche d'un centimètre d'épaisseur de verre trempé, cette couche étant rugueuse pour assurer un bon niveau d'adhérence. Selon ses concepteurs, le procédé produit 50 kilowattheures par mètre carré et par an (soit environ 1 % de l'électricité consommée par un foyer).

Une piste cyclable pilote longue de 100 mètres et large de 4 mètres a ainsi été inaugurée fin 2014 dans la ville de Krommenie, au Nord-Est de Haarlem (voir la photographie ci-dessus). Cette première phase du projet, prévue sur cinq ans, est destinée à mieux appréhender la gestion technique

et la rentabilisation de telles installations (stockage et redistribution du surplus d'énergie produit en période d'ensoleillement, impact du salissement, etc.).

L'architecte suédois Måns Tham a, lui, conçu le projet *Solar Serpent* (Serpent solaire) dans lequel il propose de transformer des autoroutes, notamment celles de Los Angeles, en usine électrique, en les couvrant d'un toit de panneaux photovoltaïques fixés sur un châssis en treillis (voir l'illustration pages 26-27). Outre la production d'électricité et sa consommation locale pour la signalisation, l'éclairage ou la recharge des véhicules, le concept a d'autres avantages : réduction du bruit pour les riverains, protection des chaussées contre les intempéries et le rayonnement ultraviolet, diminution de la climatisation à bord des véhicules grâce à l'ombre créée.

capte par temps ensoleillé la chaleur en surface, que l'on stocke ensuite dans des puits géothermiques verticaux situés en bord de route. Par temps froid et couvert, cette énergie est alors déstockée et rediffusée à travers les mêmes circuits, afin de maintenir la surface de la chaussée à température positive et éviter le dépôt de neige ou la formation de verglas. On utilise déjà cette technique pour réguler les températures des tabliers de certains ponts particulièrement sensibles au gel en Suisse (projet SERSO) et en Allemagne (pont de Berkentin en Allemagne du Nord).

La déformation des routes sous l'action des véhicules peut également fournir de l'énergie, comme en ont eu l'idée des chercheurs du *Technion*, en Israël. Il s'agit de convertir les contraintes mécaniques en courant électrique par effet piézoélectrique,

## L'Europe routière (UE-27, 2011)

**69 600 km** d'autoroutes  
(11 490 km en France).

**283 millions** de véhicules,  
dont 86 % de particuliers  
(37,9 millions en France).

**5 427 milliards**  
de voyageurs-kilomètres,  
soit 93 % du transport  
terrestre de voyageurs.

**1 734 milliards**  
de tonnes-kilomètres de  
marchandises transportées.

**856 millions de tonnes**  
de CO<sub>2</sub> émises (23 % du total).



Dans le projet de Måns Tham, l'autoroute de Santa Monica, à Los Angeles (longue de 24 kilomètres pour une largeur de 40 mètres), recevrait ainsi un million de mètres carrés de panneaux, de quoi produire 150 gigawattheures d'électricité par an (soit la consommation d'environ 40 000 foyers) avec les techniques photovoltaïques actuelles.

Pour exploiter le rayonnement solaire sur les routes, une autre idée est de profiter du fort pouvoir d'absorption thermique des chaussées bitumineuses. Ces dernières peuvent, aux latitudes de la France, atteindre 60 à 65 °C en été. En faisant circuler un fluide caloporteur dans un serpentif enfoui dans la chaussée, on

les dispositifs piézoélectriques étant intégrés à la chaussée.

Ce type de technique est toutefois discutable. L'énergie obtenue est prélevée d'une façon ou d'une autre sur celle des véhicules, ce qui n'apporte globalement rien en termes d'économies d'énergie. En revanche, la technique piézoélectrique permettrait d'assurer certains services en des lieux isolés, non connectés au réseau d'alimentation électrique.

Le transport routier consommant beaucoup d'énergie fossile, les véhicules actuels seront, à terme, remplacés par des véhicules électriques. La route du futur doit non seulement s'y adapter, mais aussi être pensée comme partie

### LES CHAUSSEES URBAINES DÉMONTABLES

sont des chaussées conçues pour être facilement ouvertes et refermées, dans un délai d'environ une demi-journée, notamment afin d'accéder aux réseaux souterrains. Une telle chaussée modulaire (ci-dessus, une première mondiale réalisée en 2009 à Saint-Aubin-lès-Elbeuf, en Seine-Maritime) simplifie beaucoup les travaux de voirie.