

OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

Innovation et changement climatique: L'apport de l'évaluation scientifique et technologique

Livre vert présenté par

M. Jean-Yves Le Déaut

Député de Meurthe et Moselle

Président de l'OPECST

Président de l'EPTA pour l'année 2015

Table des matières

Introduction	8
France	10
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	10
1. Sur quelle analyse reposent ces rapports ?	10
2. Que propose l'OPECST ?	10
Innovation, transports, mobilité	11
1. Sur quelle analyse repose ce rapport ?	11
2. Que propose l'OPECST ?	12
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	13
1. Sur quelle analyse reposent ces rapports ?	13
2. Que propose l'OPECST ?	13
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes	14
1. Comment analyser l'implication des citoyens dans l'innovation en faveur du changement climatique ?	14
2. Que pourrait proposer l'OPECST ?	15
Allemagne	17
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	17
Innovation, transports, mobilité	18
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	20
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes	21
Autriche	23
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	23
Innovation, transports, mobilité	24
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	26
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes	27
Catalogne	30
La politique catalane en matière de climat	30
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	30
Innovation, transports, mobilité	31
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	32

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes.....	32
Conclusion.....	33
Danemark.....	34
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	35
Innovation, transports, mobilité.....	37
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	39
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes.....	41
États-Unis d'Amérique	43
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	43
Innovation, transports, mobilité.....	44
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	45
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes.....	47
Finlande.....	48
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	48
Innovation, transports, mobilité.....	49
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	50
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes.....	52
Grèce.....	54
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	54
1. Le programme « d'économie d'énergie chez soi ».....	54
2. Le programme « Exoikonomo (Save) ».....	54
3. Le programme « Exoikonomo II (Save II) ».....	54
Innovation, transports, mobilité.....	54
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	55
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes.....	55
Conclusion.....	55
Norvège.....	57
Contexte: L'accord norvégien sur le climat	57
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	57
1. Une entreprise publique pour l'énergie verte.....	58
2. Maisons passives et zéro émission.....	58
Innovation, transports, mobilité.....	59
1. La Norvège comme un marché précoce pour les véhicules électriques	59

2. « Les villes du futur »: Vers zéro émission.....	60
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	60
1. Tracer l'empreinte carbone	60
2. Une stratégie nationale pour la bioéconomie	61
3. Le potentiel des océans	62
Pays-Bas	63
Introduction	63
Les initiatives politiques et les tendances sociétales	63
Les défis.....	64
Les projets actuels d'assistance technique (projets d'évaluation technologique)	64
1. L'innovation pour l'efficacité énergétique des bâtiments.....	64
2. L'innovation pour les transports et les mobilités	65
3. L'innovation pour nourrir le monde avec un minimum de gaz à effet de serre.....	67
4. L'implication des citoyens dans l'utilisation des technologies intelligentes	67
Conclusion	68
Pologne	69
Contexte général	69
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	70
Innovation, transports, mobilité.....	70
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	71
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes.....	71
Royaume-Uni	73
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	73
1. Construction.....	73
2. Rénovation	74
3. Matériaux et composants	74
Innovation, transports, mobilité.....	74
1. Carburants alternatifs	75
2. Modèles d'utilisation de la voiture	76
3. Sécurité en vélo.....	76
4. Planification et données	76
5. Ticket unique	76
6. Matériaux plus légers	76

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	77
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes.....	79
1. Les compteurs intelligents	79
2. Applications Internet pour le transport intelligent	80
Russie.....	81
Innovation, transports, mobilité.....	81
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	82
1. La lutte contre le changement climatique mondial: de nouvelles technologies pour l'utilisation des gaz effet de serre	82
2. La production d'hydrocarbures en utilisant les gaz à effet de serre (projet « Synthèse »).....	83
Suède.....	85
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	85
1. Rénovation et efficacité énergétique.....	85
2. Une ville intelligente et écologique – l'aménagement du Royal Seaport.....	85
3. Les incitations à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments.	86
4. Un vaste programmes de recherche dans le domaine du rendement énergétique des bâtiments et au quotidien.	86
Innovation, transports, mobilité.....	86
1. Les initiatives gouvernementales pour réduire l'impact écologique du secteur du transport	87
2. Des programmes stratégiques d'innovation dans le secteur du transport.....	87
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	88
1. L'agriculture de demain – un projet de recherche interdisciplinaire	88
2. Pour un meilleur rendement, et un recyclage des aliments – les aspects cruciaux.....	88
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes.....	89
1. Les villes durables intelligentes – la solution des TIC doit être étudiée attentivement.	89
2. Développement de solutions neuves et innovantes, en collaboration avec les citoyens	89
Suisse	90
La politique climatique suisse	90
Innovation, transports, mobilité : les biocarburants	90
Innovation, transports, mobilité : la mobilité électrique.....	91
Conclusion	93

Union Européenne.....	94
Introduction	94
Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments	94
Innovation, transports, mobilité.....	95
1. L'état d'avancement de la législation européenne.....	95
2. Les études pertinentes du STOA :	96
L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre	97
1. L'état d'avancement de la législation européenne.....	97
2. Les études pertinentes du STOA.....	98
L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes.....	99
1. L'état d'avancement de la législation européenne.....	99
2. Les études pertinentes du STOA.....	99
Conclusion.....	101
Annexe : Contributeurs au rapport.....	104

Introduction

Ce rapport résulte d'un travail commun des organisations membres de l'EPTA (*European Parliamentary Technology Assessment*), association européenne regroupant les structures en charge de l'évaluation scientifique et technologique auprès de leurs parlements nationaux, auquel s'ajoute le STOA (*Science and Technology Options Assessment*), organisme homologue du Parlement européen. Y ont également participé deux organismes des Etats Unis et de Russie, rattachés à l'EPTA comme observateurs.

Il est constitué de seize monographies dont la réalisation a été coordonnée par l'OPECST (Office parlementaire français d'évaluation des choix scientifiques et technologiques), qui assure la présidence de l'EPTA pour l'année 2015.

Il est centré sur le thème choisi cette année par l'EPTA pour ses échanges, thème en lien avec la 21e conférence des Nations unies sur les changements climatiques (dite « COP 21 »), qui se tiendra près de Paris, au Bourget, du 30 novembre au 11 décembre prochains : il s'agit d'évaluer l'apport de l'innovation aux politiques de lutte contre le changement climatique.

L'objectif consiste, d'une part, à rassembler des évaluations pour les trois domaines qui contribuent le plus à l'émission de gaz à effet de serre, l'habitat, le transport, l'agriculture, et d'autre part, dans une approche plus originale, à faire un bilan des études relatives aux manières d'inciter les citoyens à contribuer individuellement à ces politiques de lutte contre le changement climatique, notamment en adaptant leurs comportements.

Ainsi, ce rapport retrace les travaux correspondants menés depuis plusieurs années dans les domaines concernés par les membres de l'EPTA. Basés sur la constatation d'évolutions passées, ils dressent un bilan des difficultés encore à surmonter, et présentent des solutions possibles ou envisageables, ainsi que des solutions acceptées et acceptables dans chaque pays, souvent à partir d'une approche comparative.

Tous ces travaux cités en référence ont visé à apporter, aux membres du parlement, un éclairage nouveau et rigoureux sur des questions lourdes d'enjeux dont certains aspects paraissaient ardues, et qui n'étaient généralement pas présentées par les médias d'une manière adaptée à la décision politique.

C'est en effet l'objectif même des organismes de l'EPTA d'identifier clairement ces enjeux, et de s'efforcer d'en restituer la complexité, par une analyse poussée jusqu'au niveau de détails nécessaires à la compréhension, en faisant œuvre de pédagogie. Leur mission consiste précisément à se réapproprié à cette fin la matière première technique apportées par des analyses d'experts, soit consignée par écrit à travers des ouvrages ou des articles, soit recueillies de vive voix lors d'auditions privées ou publiques.

Les structures, et par voie de conséquence, les cultures des différents membres de l'EPTA sont très variées, qu'il s'agisse d'un département universitaire, d'un service intégré au parlement, ou d'un organisme public autonome intervenant sur commande; leurs méthodes de travail diffèrent, faisant une place plus ou moins importante aux procédures écrites ou orales. Mais tous se retrouvent sur l'objectif de fournir, en les justifiant de la manière la plus rigoureuse possible, des recommandations opérationnelles à destination des membres de leur parlement.

Les deux réunions annuelles d'échanges au sein de l'EPTA sont l'occasion d'une fructueuse mise en commun d'expériences. La présidence norvégienne en 2014 a pris l'excellente initiative d'en garder une trace par la publication d'un document de synthèse. C'est en reprenant cette idée pertinente que nous avons tenu à mettre en valeur les contributions de nos collègues européens sur notre thème commun de 2015, pour mieux faire ressortir la richesse qui résulte de ces travaux croisés ancrés dans des contextes nationaux différents.

Les conclusions de ce travail commun seront présentées lors de la conférence parlementaire européenne organisée sur ce même thème par l'OPECST et l'EPTA à l'Assemblée nationale française le 24 septembre 2015, conférence labellisée au titre de la COP21. Ce rapport, les actes de la Conférence ainsi que les propositions qui résulteront des débats seront remis aux négociateurs de la COP21.

Jean-Yves Le Déaut
Député de Meurthe et Moselle
Président de l'OPECST
Président de l'EPTA pour l'année 2015

France

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

L'OPECST s'est penché au moins à quatre reprises sur ce domaine : un rapport Birraux – Le Déaut de 2001 sur les perspectives techniques des énergies renouvelables, qui comportait déjà des éléments sur l'architecture bioclimatique ; un rapport Birraux – Bataille de 2009 sur la modulation de la réglementation thermique, qui a suggéré de compléter les règles imposées à la construction par l'établissement d'un plafond d'émission de CO₂, à côté de la norme de consommation énergétique; un rapport Le Déaut – Sido de septembre 2013 sur la transition énergétique qui comportait des analyses sur les coûts de la rénovation des bâtiments ; enfin un rapport Le Déaut – Deneux de juillet 2014 sur les freins réglementaires à la construction en matière d'économie d'énergie dans le bâtiment qui a proposé des réformes pour encourager l'innovation dont la plupart ont été directement transcrites dans la loi sur la transition énergétique de juillet 2015. Ces rapports dressent des constats et proposent des solutions.

1. Sur quelle analyse reposent ces rapports ?

L'innovation dans le bâtiment est une clef importante de la lutte contre les émissions de CO₂ puisque le bâtiment consomme en moyenne 40% de l'énergie primaire en Europe. Les améliorations dans la conception, puis la réalisation des bâtis, ainsi que les équipements de chauffage, de climatisation ou de ventilation intéressent aussi bien la construction que la rénovation. Le but est de minimiser les consommations d'énergie, en récupérant au maximum les calories accumulées dans les matériaux du bâti ou dans le sol, dans les eaux sales, ou en jouant sur les différences naturelles de température pour faire circuler l'air.

En Europe du Nord, où les progrès dans ces techniques ont permis de construire des bâtiments dits « passifs » consommant moins de 15 kWh de chaleur par mètre carré et par an, et moins de 120 kWh au total par mètre carré et par an, l'objectif principal est la protection contre le froid de l'hiver. Mais ces progrès doivent aussi pourvoir symétriquement dans le Sud à la protection contre la chaleur.

D'une façon générale, il s'agit d'utiliser les atouts locaux en termes d'énergie renouvelable pour éviter autant que possible une consommation d'énergie alimentée, via les réseaux, par des grands centres de production centralisés, qui recourent encore majoritairement en Europe, pour la production d'électricité, à un peu moins de 50% en moyenne, aux hydrocarbures fossiles : charbon, gaz, pétrole. En moyenne, la production d'électricité décarbonnée est constituée à moins de 25% d'énergie nucléaire, à 15% d'hydroélectricité et à plus de 15% d'énergies renouvelables.

2. Que propose l'OPECST ?

À l'horizon 2020, la directive 2010/31/CE du 19 mai 2010 fixe l'objectif du bâtiment à énergie « presque nulle », c'est-à-dire du bâtiment minimisant les déperditions d'énergie, et utilisant au maximum les possibilités locales en ressources d'énergie renouvelable pour en produire.

En matière de construction, les innovations peuvent concerner des matériaux à changement de phase, qui accroissent l'inertie du bâti, et permettent donc d'amortir à l'intérieur, sur des

périodes plus longues, les variations de température extérieures. Elles peuvent aussi concerner des méthodes d'assemblage à partir d'éléments préfabriqués qui permettent de minimiser les problèmes de coordination entre corps de métier qui sont souvent la cause de défauts d'étanchéité, car dès qu'on creuse une paroi pour rattraper un oubli on risque de créer un point de fuite thermique.

En matière de rénovation, l'innovation peut concerner des méthodes d'application des produits qui concilient performance et facilité de mise en œuvre. En matière d'isolation, on peut citer les solutions des multi-couches minces, dont l'efficacité en termes de barrière thermique résulte de ce qu'ils apportent un complément d'étanchéité du fait de leur souplesse, et de leur adaptabilité à des volumes imparfaits. On peut aussi citer un enduit extérieur (Parex-IT) en test à l'INES au Bourget du Lac, qui incorpore un aérogel et peut être appliqué avec un canon à projection, qui assure une protection thermique externe supérieure à celle du polystyrène.

L'innovation peut aussi concerner des techniques de ventilation et de climatisation, et par exemple, l'université de Phoenix en Arizona, a aidé à la mise au point de dispositifs inspirés des traditions indiennes, qui, après avoir été optimisées grâce à la simulation numérique, fonctionnent parfaitement sans beaucoup d'énergie pour de grands bâtiments tertiaires dans un climat désertique aride.

Innovation, transports, mobilité

En 2011 et 2012, M. Denis Baupin, député et Mme Fabienne Keller, sénatrice ont rédigé un rapport pour l'OPECST sur les nouvelles mobilités sereines et durables et la conception de véhicules écologiques.

Ce rapport traite de l'ensemble des questions liées à la mobilité et aux nouveaux types de véhicules et débouche sur une centaine de propositions.

1. Sur quelle analyse repose ce rapport ?

Pour les deux rapporteurs, la priorité doit être accordée à la mobilité plutôt qu'au transport, aux usages des véhicules plutôt qu'à leur motorisation. La diversité des évolutions techniques possibles en matière de moteurs et de carburants doit être reconnue. Il faut tenir compte des besoins réels des divers types d'utilisateurs des transports privés et publics, qui diffèrent non seulement en fonction de critères traditionnels (sexe, âge, catégorie socio-professionnelle) mais aussi en fonction des lieux d'habitat et de travail, et de plus en plus de l'attitude des individus face au « tout automobile ».

Le développement du covoiturage et de l'auto-partage rendent nécessaires de nouveaux types de raisonnement sur l'organisation des transports, et questionnent les autorités publiques comme les constructeurs automobiles sur l'évolution de l'utilisation de la voirie et des parkings. L'apparition de véhicules électriques, ou de véhicules pouvant fonctionner à l'hydrogène ou à l'air comprimé conduit par ailleurs à réfléchir à la mise en place de nouveaux réseaux de recharge de batteries ou d'approvisionnement.

La croissance des émissions de carbone liées aux véhicules et au transport n'est plus une fatalité. L'émission de particules fines par les véhicules diesel peut être considérablement réduite, grâce à l'évolution technique. Cette réduction hautement souhaitable implique néanmoins un contrôle régulier des véhicules diesel, et la mise en place d'incitations au renouvellement des véhicules les plus anciens, qui ne sont pas dotés des pots catalytiques permettant de respecter les critères actuels d'émissions.

2. Que propose l'OPECST ?

Les propositions du rapport portent sur la manière de mettre en place ou d'accompagner des schémas de mobilité durables qui permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Elles traitent de neuf sujets : l'organisation d'une mobilité sobre, interactive, intermodale et sereine ; l'évolution du modèle automobile vers plus de sobriété, de plaisir, de modernité, de convivialité, de modularité, et un nouvel imaginaire ; une contractualisation avec les constructeurs dans une optique de renouvellement du modèle automobile et de pérennisation des emplois ; les avantages à donner dès maintenant aux pionniers, en termes de stationnement, de fiscalité, de bonus, et l'orientation des utilisateurs vers les véhicules sobres, peu polluants, de petite taille ; les mesures permettant de favoriser l'usage partagé des véhicules ; la mise en place d'une gouvernance partenariale, dans le cadre d'un Etat stratégie ; l'organisation de la veille sur les innovations technologiques et sociales de la mobilité ; la promotion d'une politique européenne en faveur de la mobilité sobre.

Ces propositions ont été présentées lors du débat sur la loi de transition énergétique qui vient d'être adoptée le 22 juillet 2015. Plusieurs d'entre elles ont été reprises. Cette loi définit en effet le véhicule à faibles émissions, prévoit le pourcentage de ces véhicules dans les flottes publiques ainsi que la mise en place par les sociétés concessionnaires d'autoroutes de tarifs préférentiels pour ce type de véhicules. Elle envisage un système d'identification des véhicules habilités à circuler en zone de circulation restreinte dès 2016 et prévoit un rapport sur l'opportunité de réserver sur les autoroutes une voie aux transports en commun, aux taxis et aux véhicules à très faibles émissions.

Elle définit une stratégie pour le développement de la mobilité propre et fixe un objectif pour 2030 de 7 millions de points de charge électrique publics et privés. Elle crée une prime à la conversion des véhicules anciens polluants qui seront remplacés par des véhicules à faibles émissions neufs ou d'occasion. Elle met en place un plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques d'ici le 30 juin 2016, et renforce le contrôle technique des émissions de pollution atmosphérique et de particules fines.

Certaines des propositions du rapport de l'OPECST ont donc été reprises dans cette loi. D'autres propositions de l'OPECST qui doivent encore faire l'objet de décisions, nécessitent souvent une action de longue haleine d'acteurs extrêmement divers. Les collectivités territoriales auront dans ce domaine un rôle important à jouer. Plusieurs d'entre elles prennent actuellement des initiatives pour limiter la pollution en ville, mais aussi pour rationaliser l'usage des voitures. Les autorités organisatrices de transport réfléchissent pour leur part à la mise en place de l'intermodalité des transports, qui est grandement facilitée par le réaménagement des gares ou la construction de nouvelles gares qui intègrent dès leur conception la nécessité de prévoir des plateformes multimodales.

La mise en œuvre de certaines propositions relève des constructeurs. Mais il est frappant de constater que les constructeurs eux-mêmes prennent graduellement conscience du changement de comportement des consommateurs-usagers des modes de transport et proposent de nouveaux véhicules à une, deux, trois ou quatre roues. Leur gamme s'élargit à des véhicules plus petits, moins lourds, occupant moins de place sur la voie publique et les aires de parkings. La multiplication rapide des équipements informatiques et de communication dans les véhicules ouvre de nouvelles perspectives dont la plus originale est l'apparition de la voiture sans conducteur, qui obligera probablement les pouvoirs publics à établir de nouvelles recommandations dans les prochaines années.

Le rapport de l'OPECST, basé sur de nombreuses auditions a été sans aucun doute précurseur.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

L'OPECST a abordé récemment ces questions à travers plusieurs auditions publiques, sur les recherches dans le domaine de l'environnement en juillet 2014, sur la filière semencière en janvier 2015, sur le Big Data dans l'agriculture en juillet 2015. Des rapports plus anciens les ont aussi abordés : le rapport de MM. Pierre Laffitte et Claude Saunier en 2006 sur les apports de la science et de la technologie au développement durable, le rapport de M. Gérard Miquel sur la qualité de l'eau et l'assainissement en 2003, et surtout le rapport fondateur de M. Marcel Deneux sur l'évaluation de l'ampleur des changements climatiques à l'horizon 2025, 2050 et 2100 en février 2002.

1. Sur quelle analyse reposent ces rapports ?

Les techniques de production agricole sont soumises à l'échelle mondiale à un gigantesque effet de ciseau entre l'immense élan démographique impulsé par l'amélioration des conditions de vie d'après-guerre, qui multiplie encore pour plusieurs décennies les bouches à nourrir, et l'exigence accrue de faire face à cette demande démultipliée par des méthodes toujours moins émettrices de gaz à effet de serre.

Jusqu'au tournant des années quatre-vingt, l'augmentation de la production agricole a reposé sur l'augmentation des intrants, dont l'utilisation conduisait directement ou indirectement à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre. Il faut désormais que l'agriculture continue à produire toujours plus en réduisant les apports externes d'origine industrielle. Cette tension ne pourra donc être surmontée que par de nombreuses innovations, et même des innovations de rupture, car c'est la conception même de l'agriculture comme processus de production qui doit ainsi être révolutionnée pour démultiplier sa capacité.

Le saut technologique à accomplir sera d'autant plus exigeant que trois évolutions majeures vont encore relever la tension entre production et demande de nourriture :

- la hausse du niveau de vie dans les pays en développement va conduire à une demande d'enrichissement qualitatif de la ration alimentaire se traduisant par une consommation accrue de viande et de laitage, qui nécessite plus de ressources agricoles ;
- le développement économique et démographique va tendre mécaniquement à réduire les surfaces disponibles pour l'agriculture ;
- le changement climatique va lui aussi réduire le potentiel de production en favorisant la remontée du niveau des mers, et en multipliant les destructions liées aux événements météorologiques extrêmes.

2. Que propose l'OPECST ?

Pour faire face à ce besoin de surmonter l'écart croissant entre la production et la demande de nourriture, trois voies d'innovation paraissent incontournables :

- celle permettant de faire une place plus grande à des plantes dont les caractéristiques propres en termes d'adaptation à l'environnement permettront de minimiser les besoins d'intrants, sous forme d'engrais ou de pesticides ; cela suppose d'une part des progrès dans la sélection ou dans la recherche génétique, mais aussi des innovations au niveau des

combinaisons de plantation ; les équipements d'exploitation devront aussi être adaptés pour maintenir la productivité face aux nouvelles configurations des champs ;

- les techniques de valorisation des sols, par dépollution ou par conquête sur le désert, devront permettre, à tout le moins, de contrebalancer la perte des terres agricoles due aux avancées de l'urbanisation ; cela passera inmanquablement par des progrès dans la récupération et le traitement des eaux, en particulier en matière de désalinisation;
- le traitement massif des données (Big Data) s'imposera comme un moyen incontournable d'optimiser en permanence les conditions d'exploitation par un pilotage beaucoup plus précis, à la fois temporel et spatial, des séquences clef de la production ; cela deviendra indispensable afin notamment d'utiliser les intrants de la manière la plus efficiente.

Tous les continents ne seront pas soumis avec une égale intensité à l'effet de ciseau sur la production agricole, car la pression démographique épargnera les pays occidentaux tandis que le sous-continent indien sera confronté d'ici 2050 à des densités de population extrêmes, dépassant 500 habitants au kilomètre carré. Si la densité de la population doublera en Afrique, celle-ci pourra disposer d'immenses surfaces à reconquérir sur le désert, qui occupe 96% du territoire en Egypte, par exemple. Le rééquilibrage entre ces situations différentes passera par des échanges internationaux, lesquels donneront un peu de souplesse aux processus d'adaptation.

L'Europe continuera un temps à faire commerce de ses excédents, mais ne sera pas éternellement en position avantageuse dans cette bataille mondiale conjointe contre la faim et l'effet de serre. Car elle-même est responsable, via son empreinte écologique par tête, d'une ponction sur les ressources en sol et eau bien au-dessus de la moyenne mondiale (4,9 hectares dits « globaux » pour une moyenne de 1,8). Il est donc de son propre intérêt de prendre une part importante à cette nouvelle révolution en direction d'une production agricole à la fois plus intensive et plus sobre.

Il faudra donc distinguer d'une part, les solutions technologiques qui pourraient être mises au point dans les pays développés, pour ensuite diffuser classiquement dans le monde, et d'autre part, les innovations dites « frugales », nées dans les pays en développement du génie nécessaire auquel oblige la pression des circonstances, et qui iront ensuite s'imposer irrésistiblement comme solutions alternatives dans le monde développé.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

C'est un domaine nouveau que l'OPECST souhaite explorer.

1. Comment analyser l'implication des citoyens dans l'innovation en faveur du changement climatique ?

La maîtrise des émissions de CO₂ liées à la demande d'énergie dépend crucialement des comportements d'appropriation par les agents économiques des modalités innovantes de consommation d'énergie, qui doivent faire une place croissante, d'une part, aux économies d'énergie, d'autre part, à l'utilisation des énergies renouvelables.

Cette appropriation suppose d'inventer des manières autres de mobiliser la population que les deux méthodes classiques de la carotte (la fiscalité) et du bâton (la réglementation).

À cet égard, on peut observer que les grandes catégories d'agents économiques que sont les administrations publiques, les entreprises et les ménages ont des comportements très différents.

De fait, les administrations ne peuvent qu'obtempérer aux instructions de leur tutelle, pour autant que celle-ci leur en octroie les moyens financiers ; les entreprises se laissent plus facilement entraîner, et même deviennent pour certaines proactives, parce qu'elles y voient le moyen d'adapter leur communication et leur image à l'air du temps ; de toute façon, elles ont un intérêt direct à investir dans les économies d'énergie.

La réaction des ménages soulève souvent plus de problèmes.

Il n'y a plus de doute quant à la prise de conscience par les populations du changement climatique, en France comme partout dans les pays développés, mais les actes la traduisant ne suivent que pour autant qu'ils soient gratuits et occasionnels. Suivre les consignes de tri des déchets, prendre son vélo ou aller à pied quand il fait beau, c'est déjà un progrès. De là à modifier ses arbitrages d'investissement et de consommation en privilégiant, à chaque fois, la dimension du développement durable sur le coût, il y a un fossé.

On peut observer que même les ménages les plus aisés, c'est-à-dire ceux qui auraient la possibilité matérielle de jouer ce rôle d'avant-garde dans la réorientation des arbitrages individuels, réagissent encore essentiellement selon les schémas traditionnels. Typiquement, les acquéreurs de grosses cylindrées continuent à valoriser l'image de puissance et de prestige associée à leur investissement, et les avancées écologiques du véhicule ne comptent pour eux que par surcroît ; il faudrait pouvoir compter sur ces clients aisés pour mettre leur pouvoir d'achat au service d'un déploiement, sans subvention, des nouvelles motorisations plus écologiques.

2. Que pourrait proposer l'OPECST ?

Dans la mesure où les effets d'entraînement et les mécanismes d'imitation des classes supérieures vont peu jouer, les classes moyennes ne vont-elles aussi modifier leur consommation et leurs investissements en faveur de la lutte contre l'effet de serre que pour autant qu'elles y seront incitées financièrement ou contraintes ? Ainsi, ce n'est pas du tout par hasard qu'une partie du débat national français sur la transition énergétique de 2013 a porté, d'un côté, sur les avantages relatifs du renforcement des subventions, et, de l'autre, sur la formulation d'obligations.

De fait, du point de vue des flux économiques, les deux dispositifs apparaissent assez équivalents. En effet, il faut tenir compte de ce que toutes les formes d'aides sont financées par des prélèvements. D'un côté, un régime d'obligations contraint les ménages à affecter une part de leur revenu à une dépense qui n'est pas dans leurs priorités ; de l'autre, un régime d'aides confisque via l'impôt la même somme, pour la restituer aux ménages lorsqu'ils agissent comme souhaité. Dans les deux cas, le résultat pour les ménages est une allocation forcée de ressources.

Or toute allocation forcée se fait au détriment des autres secteurs de l'économie, car elle opère une ponction sur le pouvoir d'achat. Avec les politiques d'obligations ou d'aides, il faut craindre qu'une ponction trop violente, c'est-à-dire très forte sur un temps trop court, n'ait des effets contreproductifs.

À cet égard, le rapport de MM. Jean-Yves Le Déaut et Bruno Sido de septembre 2013 sur la transition énergétique a rappelé les ordres de grandeur des masses financières à mobiliser pour diminuer en France les émissions de CO₂ d'un facteur 4 à l'horizon 2050 : il s'agit de près de mille milliards d'euros sur trois ou quatre décennies. Ce sont des montants considérables, parfaitement en ligne avec ceux annoncés en Allemagne pour la réussite de l'*Energiewende*.

Il paraît donc raisonnable, d'un côté, de réserver les aides aux ménages les moins favorisés, et, de l'autre, d'étaler l'effort demandé aux ménages des classes moyennes en assouplissant le calendrier, de manière à ce que celui-ci empiète sur la seconde partie du siècle.

En outre, il est essentiel d'avancer sur le terrain de l'incitation par l'adhésion : « faire comprendre pour faire agir », et limiter ainsi d'autant l'allocation forcée de ressources. Cela passe par une forme d'éducation et une forme de participation aux décisions. Le problème, c'est que toutes les activités ne se prêtent pas facilement à cette démarche du fait de la complexité des sujets, et du fait de la dispersion des intéressés.

Par exemple, comment faire adhérer la population à la rénovation des habitations ? Le domaine est complexe, lorsqu'on pense simplement au fait que la réglementation thermique est calée sur des consommations (chauffage, eau chaude, ventilation, climatisation, éclairage) non pas directement mesurables par les factures, mais conventionnelles, fondues dans la masse des consommations réelles, donc difficiles à appréhender.

Quant à la participation aux décisions, elle est rendu difficile par la centralisation de l'élaboration des politiques. Ainsi, comment peut-on se sentir personnellement et directement concerné si la participation se limite à l'implication des représentants d'associations dans les processus de décision ? La vraie participation suppose une décentralisation extrême, atteignant chaque citoyen.

Allemagne

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments est un des piliers essentiels de la stratégie allemande en vue d'atteindre une consommation d'énergie durable. Environ 40% de la consommation d'énergie primaire provient du secteur du bâtiment. L'objectif officiel est de réduire la demande de chauffage de 20% en 2020 et la consommation en énergie primaire non renouvelable de 80% en 2050 (dans les deux cas par rapport au niveau de 2008) (BMW 2010, p. 22). Cela implique que les habitations doivent devenir climatiquement neutres d'ici 2050 !

Le potentiel en économie d'énergie dans le bâtiment est important ; ces économies peuvent donc devenir financièrement rentables dans de nombreux cas. Mais il existe de nombreux obstacles qui gênent l'exploitation de ce potentiel. Pour n'en nommer que deux qui sont importants, les durées d'amortissement de l'investissement dans les mesures d'efficacité énergétique sont en règle générale relativement longues. D'autre part, les bénéfices générés par l'investissement, grâce à la diminution des coûts de la consommation énergétique, ne sont pas suffisants par rapport au niveau d'investissement requis initialement : c'est le fameux dilemme « investisseur-utilisateur ».

De nombreuses mesures ont déjà été mises en oeuvre par le gouvernement allemand pour atteindre les objectifs cités ci-dessus : par exemple, l'exigence des normes en termes d'efficacité énergétique pour les anciens et les nouveaux bâtiments n'a fait qu'augmenter, et cela de façon continue (avec le dernier amendement de l'EnEV, l'Energy Saving Directive, en 2013). Ou la Banque de Développement appartenant au gouvernement allemand, la Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) qui mène un programme de financement pour rénover des bâtiments, avec une enveloppe de 1,8 milliards d'euros chaque année.

Cependant, l'évaluation de la commission d'experts sur les avancées de la transition énergétique est quelque peu décevante. Afin d'atteindre les objectifs fixés, il y a un besoin urgent de mesures supplémentaires. Il faut agir vite, en prenant en compte l'immobilisation du capital : « premièrement, le gouvernement allemand doit décider rapidement des mesures de soutien financier en vue de moderniser des bâtiments, en s'assurant qu'elles sont compatibles avec les objectifs fixés et deuxièmement, un décret plus strict sur les économies d'énergie est nécessaire – valable aussi pour les nouveaux bâtiments. En parallèle, il devrait être examiné si les exigences en matière d'efficacité énergétique pour les bâtiments existants devraient aussi être revues à la hausse » (Loschel et al. 2014, S. 11).

La recherche et l'innovation jouent un rôle clé pour atteindre ces objectifs. L'Allemagne a donc mis en place un vaste programme de recherche, « Les bâtiments de demain », en vue de développer des bâtiments optimisés d'un point de vue énergétique. Le programme soutient autant les petites améliorations graduelles, comme la rénovation des fenêtres et du vitrage, que des concepts innovants comme les « bâtiments à bilan positif », qui ont un bilan énergétique annuel positif, c'est-à-dire, qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

NB : Pour les références citées, contacter le TAB.

Selon nous, le secteur du bâtiment est un secteur assez négligé. Il y a moins d'études d'évaluation technologique sur ce secteur que, par exemple, sur le secteur de l'électricité. La dernière étude sur ce sujet remonte aux années 1999 et traitait de l'utilisation de matières premières renouvelables comme matériau de construction (TAB 1999). Il reste certainement des opportunités à exploiter.

Innovation, transports, mobilité

Le secteur du transport est une des sources majeures d'émission de CO₂. Son importance s'est même accrue au cours des dernières années, la part d'émission de CO₂ due au transport en Allemagne atteignant aujourd'hui 17%, contre 11% en 1990.

Après une importante augmentation d'émission de CO₂ due au secteur du transport (en prenant aussi en compte les émissions dues à la production de carburants), ces émissions ont cessé d'augmenter entre 1960 et 2000, et ont très récemment commencé à diminuer – certes, lentement – d'environ 2% sur les 10 dernières années. Cette situation contraste avec la majeure partie des autres secteurs (les foyers, l'industrie, l'industrie de l'énergie) pour lesquels la baisse en CO₂ atteint 20-35% par rapport aux valeurs des années 1990. La raison principale de cette récente baisse des émissions de CO₂ dans le domaine des transports est l'apparition des biocarburants. D'après un scénario tendanciel prenant en compte l'évolution prospective du volume des transports, les tendances attendues, et les prises de décisions politiques, le taux d'émission devrait rester à peu près constant jusqu'en 2030.

D'autre part, l'objectif officiel est de réduire de 40% la consommation en énergie finale dans le secteur de la mobilité d'ici 2050, par rapport à la consommation de 2005, ce qui réduirait en

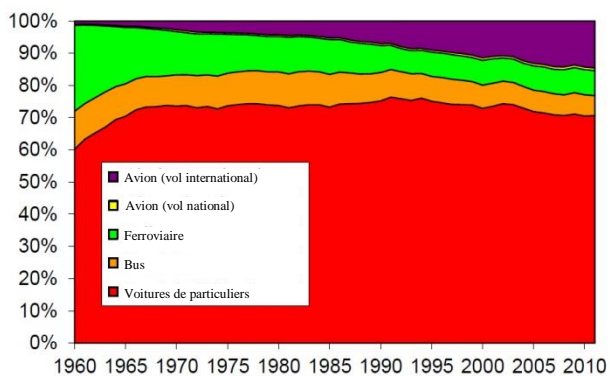


Fig. 1a: Volume du trafic des passagers
(IFEU 2012, p.16)

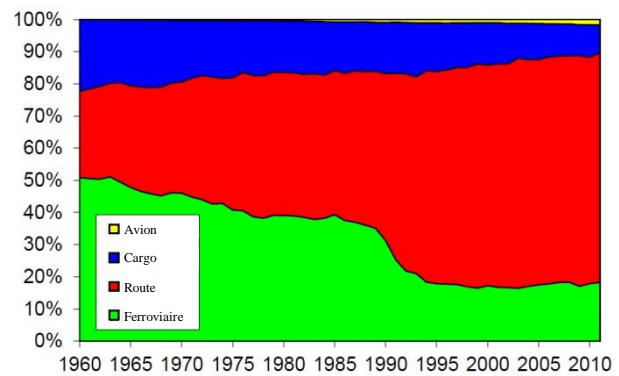


Fig. 1b: Volume du trafic du transport de marchandises
(IFEU 2012, p.17)

même temps, et de façon considérable, les émissions de gaz à effet de serre. Pour atteindre cet objectif, le gouvernement a publié en 2013 une stratégie détaillée sur les carburants et la mobilité, qui souligne que « les conditions essentielles pour atteindre nos objectifs sont la diversification des ressources énergétiques pour le transport à travers des carburants alternatifs, utilisés conjointement avec des technologies de navigation innovantes, de nouvelles améliorations dans l'efficacité énergétique des machines à combustion et l'optimisation des processus de transport » (BMVBS 2013, p.6).

Il y a de nombreux défis à surmonter dans l'avenir avant d'atteindre nos objectifs. Un exemple parmi d'autres: il est largement reconnu que favoriser les moyens de transport sans moteur, en repensant le partage modal, permettrait de réduire très efficacement les émissions de CO₂. Cependant, la tendance actuelle va dans la direction opposée, autant pour les particuliers que pour le transport de marchandises. Chez les premiers, le transport aérien s'intensifie considérablement (Cf. Fig. 1a) ; dans le cas du transport de marchandises, le transport routier est aujourd'hui largement plus utilisé que les transports maritime et ferroviaire.

En matière d'innovations technologiques dans le domaine du transport routier, les véhicules électriques ont particulièrement attiré l'attention ces dernières années. Le TAB a publié un rapport exhaustif à ce propos en 2012 : « Les concepts de mobilité électrique et leur importance pour l'économie, la société et l'environnement » (TAB 2012a).

L'objectif officiel fixé en accord avec les industries est d'avoir au moins 1 million de véhicules électriques en Allemagne d'ici 2020 et plus de 5 millions d'ici 2050 (Gouvernement Fédéral, 2009). Le terme « véhicule électrique » fait ici référence à un véhicule à quatre roues qui peut être chargé par un opérateur extérieur en le branchant au réseau électrique. Il s'agit des véhicules électriques à batterie (VEB) et des véhicules hybrides pouvant être rechargés en les branchant au réseau, appelés véhicules électriques hybrides rechargeables (VEHR). Le défi environnemental et la volonté de maintenir une industrie automobile allemande compétitive sont deux des raisons essentielles pour soutenir le développement et la diffusion de ces véhicules électriques.

La route est encore longue avant de pouvoir atteindre ces objectifs : en janvier 2014, il y avait 21 324 VEB, 1 374 VEHR et 151 véhicules équipés de piles à combustible sur les routes allemandes.

D'un point de vue industriel, la batterie est d'une importance capitale pour la qualité d'un véhicule électrique. Le marché de la batterie est actuellement dominé par des compagnies asiatiques, et dans ce domaine l'Allemagne ne joue pratiquement aucun rôle à l'international. Il semble donc beaucoup plus prometteur d'investir dans les futures générations de batteries que dans la technologie lithium-ion utilisée aujourd'hui. En deuxième position après la batterie, les systèmes d'électronique de puissance sont eux aussi très importants. Cette technologie est cruciale non seulement pour les véhicules électriques, mais aussi pour d'autres technologies du futur, par exemple dans le domaine de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, ou pour le contrôle des réseaux électriques. Il est essentiel de préserver la forte position concurrentielle qu'a aujourd'hui l'Allemagne dans ce secteur.

Les véhicules électriques peuvent jouer un rôle important pour changer les tendances dans la mobilité : l'utilisation de véhicules électriques pour le co-voiturage, ou dans les parcs automobiles commerciaux et les services de mobilité multimodale est très intéressante. De cette façon, la mobilité électrique peut être un pilier majeur d'un système de transport durable.

Le transport et la mobilité étaient deux axes thématiques importants des travaux du TAB ces dernières années : dix ans avant le rapport précédemment cité sur la mobilité électrique (TAB 2012a) nous avons publié un rapport qui présentait un ensemble d'instruments et de mesures politiques pour orienter l'approvisionnement en énergie dans le secteur de la mobilité vers un modèle plus viable (TAB 2002). En 2006 un autre rapport détaillé d'évaluation technologique fut publié, donnant un aperçu des innovations technologiques dans le domaine des groupes motopropulseurs, ainsi que de leur capacité à réduire la consommation en énergie et les émissions. Tout ceci fut analysé avec une vision globale « du puits à la roue » (TAB 2006).

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

L'agriculture est l'une des principales causes d'émission de gaz à effet de serre d'origine humaine à travers le monde. En plus du CO₂, d'importantes émissions de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) sont générées à cause de l'agriculture. En Allemagne, l'agriculture est responsable d'environ 7% de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre. La diversité des facteurs et des sources d'émission complexifie le problème. Conjointement, il y a de nombreux obstacles et des défis supplémentaires à surmonter afin de réduire ces émissions. Par exemple, il n'est pas facile de convaincre les fermiers d'abandonner leurs pratiques agricoles traditionnelles, utilisées parfois depuis des siècles, au motif que d'autres pratiques promettent une meilleure empreinte écologique.

Il y a également un certain nombre de conflits relatifs à l'exploitation des terres : les techniques agricoles plus écologiques ayant un rendement plus faible, une surface plus vaste est donc nécessaire pour produire davantage et compenser cette perte de rendement. De plus, la culture des terres arables est une ressource limitée et il y a de nombreuses utilisations conflictuelles du territoire (le logement, les infrastructures, les réserves naturelles, les loisirs...). Enfin, la biomasse produite sur un territoire donné est susceptible d'être à l'origine de conflits : denrées alimentaires et aliments pour animaux, énergie et carburants, matières premières industrielles (bois, matière première pour procédés chimiques et pharmaceutiques...).

Trois rapports du TAB furent récemment publiés au sujet de ces usages conflictuels : le premier (TAB 2005a) propose une évaluation critique d'un certain nombre d'instruments et de mesures qui avaient l'intention de réduire l'usage des terres en Allemagne. Le second rapport (TAB 2010) apporte une analyse systématique des « Opportunités et des défis face aux nouvelles cultures énergétiques ». Ce rapport fournissait un aperçu des possibilités techniques et agricoles des cultures énergétiques, et traitait en détail les éventuels problèmes de compétition d'usage des terres, d'un point de vue national et international, en proposant des solutions pour améliorer la production écologique, dans la perspective de mesures de certifications durables. En prenant en compte les nombreuses interdépendances entre la recherche, l'économie et la politique, quatre directions essentielles d'action gouvernementale sur les objectifs de croissance et sur les politiques de financement pour les cultures énergétiques ont été explicitées. Le troisième rapport posait une question très concrète : pour atteindre les objectifs allemands en matière de développement durable, faut-il plutôt utiliser le reste du territoire disponible pour faire de l'agriculture biologique ou de la culture d'énergie ? Différentes options stratégiques sont détaillées dans ce rapport (TAB 2010b).

Il est difficile de trouver des solutions dans ce domaine complexe. Au cours de ces dernières années, le TAB a entrepris un certain nombre de projets pertinents : en 2005, le rapport « Agriculture de précision » a été publié (TAB 2005b). L'agriculture de précision est une technique innovante (digitale) permettant une meilleure gestion de la production agricole, grâce à différentes nouvelles technologies de pointe, comme les systèmes de localisation assistée par satellite, les technologies de capteurs pour la collection de données et les systèmes de géo-information. Cela promet une amélioration de la productivité agricole tout en réduisant son empreinte écologique, en particulier parce que les pesticides et les engrais peuvent désormais être appliqués de façon plus précise et être mieux adaptés aux besoins spécifiques de chaque plante. En somme, l'agriculture de précision est très prometteuse en vue d'un futur système agricole plus durable.

Enfin, un rapport du TAB de 2011 conclut que la recherche est d'importance dans le combat contre la sous-alimentation et la malnutrition qui prédomine à l'échelle mondiale. Les stratégies de recherche participative orientées vers les utilisateurs promettent notamment d'être très utiles pour surmonter les difficultés liées à l'application des résultats de la recherche à la pratique quotidienne de gestion des terres.

Les options technologiques pour réduire le CO₂ atmosphérique par une gestion active du cycle du CO₂ lié à l'utilisation des terres ont été évaluées dans deux récents rapports du TAB (TAB 2012c, TAB 2014b). La culture d'algues microscopiques pour produire de l'énergie ou des matières premières pour l'industrie chimique et pharmaceutique semble offrir de bonnes perspectives pour une application à grande échelle à moyen terme (après 2020). Une autre option intéressante est de convertir la biomasse en substance similaire au charbon (le « biochar », grâce un procédé chimique appelé carbonisation hydrothermale). Ce matériau peut à la fois être employé comme source d'énergie, ou pulvérisé et utilisé comme conditionneur de terre. Dans des conditions favorables, cela permet de fixer le CO₂ atmosphérique dans le sol tout en augmentant le rendement de la récolte des sols pauvres.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

Les grands espoirs des années 1970 et 1980, selon lesquels l'information et l'éducation peuvent rapidement et profondément changer le comportement des individus vers un mode de vie plus écoresponsable sont désormais brisés. D'autres facteurs que la connaissance des enjeux écologiques jouent un rôle dans le comportement des individus.

Un exemple dans le secteur de l'électricité : si vous fournissez à des personnes des « compteurs intelligents » qui mesurent leur consommation électrique et qui affichent cette information de façon à ce qu'elle soit facilement interprétable (écrans, applications pour smartphones...) elles changeront leurs habitudes de consommation et utiliseront moins d'électricité. Ce changement de comportement, bien notable au début, tend toutefois à disparaître avec le temps, avec le retour des mauvaises habitudes. La quantité d'énergie économisée de cette façon peut atteindre environ 5% de la consommation totale en électricité d'un ménage (TAB 2015). Cette façon d'afficher l'information peut être vue comme une légère incitation à opter pour une manière plus durable et responsable de consommer l'énergie, sans enlever aux individus leur autonomie et leur liberté d'action. Ce concept attire beaucoup l'attention depuis quelques temps, et certains chercheurs pensent qu'il pourrait apporter une contribution positive à la planète, au-delà de la législation et de la réglementation (Thaler/Sunstein 2009).

D'autre part, il est clair que l'Allemagne et d'autres démocraties occidentales veulent participer à la prise de décision sur des enjeux qui touchent le quotidien des individus, et qui ne sont pas prêts à simplement accepter des décisions prises par les autorités. Des projets d'infrastructures décidés au niveau fédéral allemand et installés au niveau local (communes rurales et municipalités) sont très souvent l'origine de débats virulents ou la source de divers conflits. Les élus locaux sont plus directement concernés par cette situation. La situation actuelle est particulièrement tendue en raison du déploiement du réseau électrique, prévu par le gouvernement allemand, afin d'utiliser les énergies renouvelables comme source d'électricité. Certains signes montrent qu'une participation bien organisée des citoyens peut permettre au processus de planification d'être mieux accepté et peut faire ainsi surgir de

meilleures solutions générales. Mais il n'y a pas de formule magique : seuls des débats sérieux peuvent mener à une discussion productive et à la confiance. Ceci fut le thème d'un récent rapport du TAB (2015).

Une tendance récente en Allemagne, avec un impact non-négligeable sur le paysage énergétique, est la prolifération rapide de coopératives énergétiques, exemple direct de participation citoyenne. Les citoyens s'unissent pour construire et faire fonctionner des centrales électriques, pour la plupart photovoltaïques ou éoliennes, afin de produire leur propre électricité. En général, cette volonté est celle de personnes voulant contribuer activement à la mise en place d'un système d'énergie décentralisé, écologique, et fonctionnant grâce aux énergies renouvelables.

Autriche

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

L'Autriche est indéniablement un des leaders européens en matière de développement de bâtiments économes. Il y a de nombreux programmes de recherche et de diffusion, des plans de financement pour soutenir les technologies vertes, un réseau industriel dynamique, un large éventail de fournisseurs technologiques, ainsi qu'une forte conscience écologique au sein de la population. Au cours de ces 15 dernières années, l'innovation durable dans le secteur autrichien du bâtiment s'est faite de façon étonnante et fructueuse.

Les premières expériences sur les technologies utilisées dans les bâtiments économes remontent aux années 1970 quand des groupes d'individus s'organisaient de façon privée afin de développer des projets alternatifs d'hébergements collectifs (Rohracher et Ornetzeder 2002). C'est dans les années 1980 que les technologies solaires passives et actives sont devenues populaires, et la première habitation passive fut construite en 1996. Depuis, le marché du bâtiment à faible consommation énergétique a explosé. Certaines statistiques montrent qu'il y avait, fin 2010, plus de 10000 habitations conformes aux normes des maisons passives (Lang 2010, 33). Par habitant, cette statistique place l'Autriche en tant que leader mondial. La plupart de ces habitations sont des maisons privées pouvant contenir un foyer. Si les normes des habitations passives ont été largement adoptées dans le secteur des habitations privés, d'autres types de bâtiments, comme les grandes résidences, les bureaux, les écoles, les maternelles, et d'autres bâtiments publics, ainsi que certaines imposantes infrastructures industrielles ont été construits selon ces normes au cours de ces 10 dernières années (Innovative gebäude 2015). Comme suite logique à ces développements, ces normes d'habitations à faible consommation sont aussi utilisées aujourd'hui pour des projets de rénovations.

En 1999 le Ministère autrichien du Transport, de l'Innovation et de la Technologie (MTIT) a lancé un nouveau programme de recherche et de démonstration appelé « les bâtiments de demain » (www.hausderzukunft.at). Ce programme est rapidement devenu le principal moteur d'innovation dans le secteur du bâtiment autrichien. Il soutenait de façon considérable l'amélioration de certains concepts architecturaux cités précédemment (tel que l'approche dynamique des normes des maisons passives de faible consommation en énergie solaire) et permit le développement d'un large éventail de nouvelles technologies dans le domaine du bâtiment, tels que les panneaux solaires installés en façade, les fenêtres super-isolantes, les matériaux isolants écologiques, les systèmes de ventilation à haute efficacité énergétique ou encore les systèmes de refroidissement à énergie solaire. Jusqu'à aujourd'hui plus de 60 bâtiments ont été construits et évalués au sein de ce programme de recherche (MTITa 2012). En plus de cet axe de recherche orienté sur la technologie, le programme soutenait aussi le développement de solutions sociales et administratives (telles que des mesures et des recommandations planifiées, le développement de modèles commerciaux pour développer des solutions à haute efficacité énergétique, des réflexions sur la manière de rapprocher davantage

NB : Pour les références citées, contacter l'ITA.

l'utilisateur de l'innovation) et finançait aussi des recherches en sciences sociales (telles que des recherches après l'occupation des bâtiments ainsi que des études d'évaluation technologique et des études portant sur les sciences et les technologies.

En 2004, le Ministère de l'Environnement lança l'Initiative Autrichienne pour le Climat (Klimaaktiv), qui se concentrait aussi sur l'efficacité énergétique et l'utilisation des énergies renouvelables dans le secteur du bâtiment (www.klimaaktiv.at). Finalement, avec la mise en place du Fond pour le Climat et l'Energie en 2007, les conditions pour le développement et pour la diffusion des technologies du bâtiment à haute efficacité énergétique furent une nouvelle fois fortement améliorées (www.kimafonds.at).

Des études montrent que les démonstrateurs pédagogiques de bâtiments dans le secteur résidentiel, dans la plupart des cas, arrivent à respecter les critères de basse consommation d'énergie, et les évaluations, après l'occupation de ces bâtiments, nous montrent que leurs habitants en sont très satisfaits (Lechner et al. 2015 ; Suschek-Berger et al. 2014). Jusqu'à un certain point, les réussites technologiques dans le domaine du bâtiment peuvent se mesurer aussi par des données statistiques. La consommation d'énergie finale pour le chauffage d'un ménage privé a diminué de 21.7%/m² entre 1995 et 2012. Des baisses similaires pourraient être réalisées dans les bureaux ainsi que dans les infrastructures publiques (BMWWF 2014, 90ff).

La participation des usagers est d'une importance majeure dans un grand projet de rénovation. Plusieurs études se sont penchées sur ce thème, et ont formulé des recommandations pour impliquer davantage les occupants (Tappeiner et al. 2005 ; Hüttler et al. 2006 ; Suschek-Berger et Ornetzeder 2006). Des recherches empiriques montrent que d'importantes associations de logements en Autriche bénéficient d'une longue expérience dans ces projets de rénovation, y compris en matière de communication et de participation (Suschek-Berger et Ornetzeder 2010). Certains droits fondamentaux sont même garantis par la loi. Cependant, des recherches ont aussi montré qu'il faut continuer d'améliorer et d'étendre certaines pratiques existantes afin que les normes écologiques soient convenablement respectées à l'avenir.

Divers projets au cours de ces dernières années nous montrent que les efforts en termes d'innovation dans le secteur du bâtiment sont passés de l'échelle du ménage privé à celle de la collectivité locale. Un signe illustrant cette transition est l'importance croissante du concept de « ville intelligente ». Aujourd'hui, la recherche, les projets et les programmes appliqués s'intéressent généralement au développement de villes durables (BMVITa 2012). Or comme les projets de développement à l'échelle d'une ville sont de nature plus politique, la participation citoyenne devra jouer un rôle plus important dans les années à venir.

Innovation, transports, mobilité

L'Autriche est un lieu d'importance pour l'industrie de la sous-traitance automobile. Les constructeurs automobiles sont implantés dans trois régions (Graz, Vienne et le nord de l'Autriche) et emploient plus de 170 000 personnes. Le principal client industriel des produits et des services autrichiens est l'industrie automobile allemande. Grâce à une main-d'œuvre hautement qualifiée, l'industrie automobile autrichienne se spécialise en recherche et développement dans de nombreux domaines tels que : le développement de moteurs et de groupes motopropulseurs, les systèmes de combustions avancées, les véhicules hybrides et électriques, les piles à combustible, la production d'hydrogène, etc. En outre, certaines

compagnies s'intéressent aussi aux simulations et aux tests de nouveaux moteurs et de groupes motopulseurs (Agence du Commerce Autrichienne 2008).

Pour une meilleure gestion de l'innovation dans le domaine des systèmes de propulsion avancés et des sources énergétiques, le Ministère Autrichien du Transport, de l'Innovation et des Technologies, (MATIT) a mis en place l'Association Autrichienne des Systèmes de Propulsion Avancés (AASPA) en 2006 (www.a3ps.at). Ce même ministère finance le développement de technologies pour véhicules à basse consommation (avec comme priorité le développement de systèmes de productions alternatifs, les carburants alternatifs, les systèmes électroniques innovants et les matériaux légers) dans le cadre d'un vaste programme national de recherche sur la mobilité (BMVITb 2012). De plus, le Fonds Autrichien pour le Climat et l'Energie finance les technologies émergentes de l'e-mobilité. Il y a aujourd'hui sept régions modèles pour l'e-mobilité, comprenant 1500 véhicules électriques, et plus de 1000 stations de recharge (Klima und Energiefonds 2015).

Cependant, les véhicules avec des systèmes de propulsions alternatifs (pile à combustible, véhicules hybrides ou véhicules électriques) sont encore très rares en Autriche. La part de marché de ces véhicules était seulement de 1,2% en 2013 et de 1,5% en 2014 de l'ensemble des nouveaux véhicules homologués (Statistik Austria 2014). En revanche, le marché intérieur pour les vélos et les scooters électriques est en train d'exploser. Avec environ 40000 vélos électriques importés en 2012 et une croissance importante observée pendant ces dernières années, l'Autriche est un des marchés les plus dynamiques en Europe (Eurostat). Le covoiturage est aussi populaire dans les grandes villes. Selon des données de 2009, l'Autriche est un des pays européens utilisant le plus cette pratique (Bundesverband Carsharing). Il reste à voir si ces services réduisent le volume de transport ainsi que le nombre de propriétaires de voitures ou si, en parallèle du covoiturage, ces personnes utilisent aussi les transports publics et ont leur voiture personnelle.

L'Académie des Sciences autrichienne a une commission spécialisée sur la mobilité durable, qui a récemment publié un article sur l'aspect socio-économique de la transition vers des systèmes de mobilité plus durable (Chaloupka et al. 2015). Cet article expose un certain nombre d'obstacles qui compliquent notre façon d'appréhender le changement vers une mobilité plus durable. Par exemple, l'article souligne la mauvaise utilisation du territoire qui favorise l'expansion urbaine et qui prolonge ainsi les trajets quotidiens ; le manque de transparence dans les coûts et les mécanismes pour internaliser les coûts externes des modes de transports conventionnels ; la discrimination des vélos, des piétons et des transports publics au sein même de la régulation du trafic ; etc. Pour avoir une influence sur notre façon de nous déplacer, le groupe d'experts recommande des stratégies, comme par exemple, un travail de sensibilisation bien ciblé, via des relations publiques ou des séminaires sur la mobilité. De plus, un indice de développement sur la mobilité durable, une chambre de compensation pour la gestion des données de la mobilité, des processus de planification participatifs, et une recherche interdisciplinaire pour promouvoir l'innovation sociale sont nécessaires.

L'article de l'Académie explique que l'avenir de la mobilité durable sera fait de nombreux modes de transport différents, tel que le transport public et semi-public, le transport privé motorisé, les véhicules non motorisés, les diverses formes de covoiturage, la marche à pied, etc. Du point de vue de la durabilité, le trafic automobile n'est pas mauvais en soi ; tout dépend des circonstances, des technologies, et du mode d'utilisation. Alors qu'en zone urbaine, le trafic automobile ne peut représenter que seulement 10-20% du volume total du transport (par exemple, les taxis et les ambulances), fonctionnant ainsi en parallèle avec d'autres modes de transport, la situation est bien différente en zone rurale. En effet, le taux du transport par automobile en zone rurale peut être optimisé afin de ne plus atteindre que 55%

du volume du transport (ce chiffre est aujourd'hui de 90% à la campagne). Il est donc difficile de mettre en place un futur portefeuille de transport optimal. La mobilité électrique y jouera un rôle essentiel, ainsi que les services de mobilité alternatifs (covoiturage, etc.) et les NTIC seront aussi essentielles pour trouver une solution.

Même si l'Autriche fait partie des pays utilisant au mieux les transports publics (Eurostat 2015), des experts disent que des progrès peuvent encore être accomplis quant à l'utilisation de ces transports. Ceci est d'autant plus vrai concernant le vélo et la marche. Dans des villes comme Vienne, une répartition en 20% de cyclistes, 30% de piétons, 40% de transports publics et 10% de voitures doit-être voulue et réalisable à l'avenir (Magistrat der Stadt Wien 2009).

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

L'Autriche est réputée pour son rôle prépondérant en termes d'agriculture biologique. Alors qu'en Europe, la part moyenne de terres utilisées pour une agriculture biologique n'est que de 2,5%, l'Autriche atteint la seconde place, derrière le Liechtenstein, avec son taux de 20% (Willer and Lernoud 2015, 23). Cela est dû au travail pionnier des agriculteurs indépendants, aux chaînes de supermarché très engagées qui ont commencé la vente de produits organiques dès 1990, ainsi qu'à un véritable programme d'action pour l'agriculture biologique lancé par le Ministère de l'agriculture, qui soutient l'écologisation de l'agriculture à petite échelle en Autriche depuis 2001 (Eder 2006).

Cependant, un taux important d'agriculture biologique ne signifie pas systématiquement une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Mais selon une méta-analyse récemment publiée, les pratiques agricoles biologiques ont quand même un effet globalement positif sur l'environnement de façon générale (Tuomisto et al. 2012). De plus, de récentes recherches suggèrent que l'agriculture bio pourrait même avoir un rôle important contre la famine dans le monde (Ponisio et al. 2014). Selon cette étude, l'agriculture bio pourrait facilement atteindre le même niveau de production que l'agriculture conventionnelle en utilisant des méthodes de diversification telles que la multiculture ou la rotation des cultures.

En se fondant sur ce type d'information et d'expertise, une grande partie des recherches en Autriche se concentre sur la possibilité de combattre la famine mondiale et le changement climatique grâce à l'agriculture biologique. Une des institutions phares dans ce milieu est le Centre pour la Recherche en Développement (CRD) de l'Université des Ressources Naturelles et des Sciences de la Vie (BOKU) à Vienne. Les recherches du CDR sont typiquement menées au sein de réseaux internationaux et visent en même temps à des résultats scientifiques applicables. Les projets actuels du CDR traitent de sujets tels que le stockage du carbone, la biodiversité des terres, la sécurité alimentaire et l'adaptation au climat par la conservation des terres et de l'eau, des moyens d'existence ruraux robustes et avantageux en Afrique ou des systèmes adaptatifs d'agriculture à petite échelle au Bangladesh, en Inde et au Népal. La participation locale de la population de ces pays cibles est partie intégrante dans presque chacune de ces activités de recherche.

L'innovation en termes de rendement de la chaîne alimentaire est aussi un sujet important dans ce domaine. Selon un rapport fait pour le STOA (Science and Technology Options Assessment) du Parlement européen, l'Institut d'Evaluation Technologique d'Autriche (ITA) a récemment publié un document de politique générale sur la réduction du gaspillage

alimentaire en Autriche (Gudowsky et Torgersen 2015) – qui devrait pouvoir contribuer à réduire la production ainsi que les émissions de gaz à effet de serre qui y sont associées. Environ un tiers de la nourriture produite pour la consommation humaine est gâché à un moment dans la chaîne alimentaire autrichienne. Les fermiers, les producteurs, les distributeurs ainsi que les services alimentaires (hôtels, restaurants, hôpitaux) contribuent tous à l'ampleur du gaspillage en Autriche : plus de 260kg par habitant et par année. Au moins la moitié de ce gâché pourrait être évité en repensant un certain nombre de facteurs tels que la surproduction, le stockage et l'emballage inadaptés ou les dates de péremption trop souvent trompeuses. En Europe, chaque tonne de nourriture gaspillée génère environ l'équivalent de deux tonnes d'émission de gaz à effet de serre. Mais il existe de nombreuses options prometteuses pour innover tant sur le plan social que réglementaire et technologique qui pourrait réduire le gaspillage alimentaire, sauver des ressources, et ainsi diminuer les émissions de gaz à effet de serre produites par l'industrie agricole.

Relire les réglementations alimentaires actuelles pourrait nous permettre d'identifier certaines dispositions légales qui ne sont pas indispensables en ce qui concerne la santé humaine, mais qui contribuent aujourd'hui à l'ampleur du gaspillage alimentaire en Autriche. Une autre mesure serait de modifier le style du marketing habituel qui se concentre trop aujourd'hui sur l'apparence du produit plutôt que sur sa qualité : son goût, sa pureté naturelle, sa valeur nutritive ainsi que ses conditions de développement. De plus, favoriser ce type de marketing alternatif pour les fruits et les légumes qui ne remplissent pas les critères habituels de commercialisation pourrait réduire le gaspillage alimentaire ainsi que réduire les distances de transport en développant les marchés locaux de fermiers, les coopératives de producteurs, les groupes d'acheteurs solidaires ainsi que l'agriculture soutenue par les communautés. Améliorer la lisibilité de la date d'expiration pourrait permettre d'éviter toute confusion entre « la date limite d'utilisation optimale (DLUO) » et « la date limite de consommation (DLC) », la DLC étant la réelle date limite de vente d'un produit. La possibilité de supprimer les dates de péremption pour les produits ne se périssant pas est aussi envisageable.

D'un point de vue technologique, la plupart des mesures vise à améliorer l'efficacité énergétique, par exemple grâce à des systèmes de tri intelligent ou via la technologie RFID, qui est utilisée, entre autres, pour recueillir des données de température pendant le transport. D'autres technologies « intelligentes » promettent de réduire le gaspillage alimentaire à différents niveaux de la chaîne alimentaire. Elles portent sur l'étiquetage, les réfrigérateurs, les caddies de supermarché, ou les poubelles. Cependant ces technologies ne sont qu'au stade de développement. Nous ne savons pas encore comment elles peuvent contribuer à résoudre ces problèmes. Nous ne savons pas s'il pourrait y avoir des effets indésirables ou de rebond.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

L'engagement des citoyens dans des projets de recherche et de démonstration, dans le domaine des technologies intelligentes, est devenu assez populaire ces quelques dernières années. Un rapport périodique de 2010 sur les réseaux électriques intelligents en Autriche fit la liste de onze projets qui visaient clairement à impliquer leurs utilisateurs finaux dans leurs activités de recherche (Schauer 2010). Alors que dans ces premiers projets participatifs, les usagers étaient impliqués de façon ciblée en utilisant les formes classiques de participation (tels que les groupes de discussion, les interviews, les séminaires), les citoyens d'aujourd'hui y jouent un rôle encore plus important. Les essais à grande échelle de compteurs intelligents

en sont un exemple (Seebauer et al. 2013). Les réseaux électriques intelligents intégrés aux villages en sont un autre (Salzburg AG 2013).

Pendant l'un de ces essais à grande échelle de compteurs électriques intelligents, il était examiné comment, et dans quelles conditions, ces compteurs intelligents pourraient réduire la consommation globale d'électricité d'un ménage privé. 250 ménages autrichiens eurent un retour d'expérience grâce à ces compteurs intelligents sur un essai d'un an. En moyenne, ces foyers ont pu réduire leur consommation en électricité d'environ 5%. Les résultats furent conformes à d'autres essais comparables à l'échelle internationale, qui avaient identifié un potentiel de réduction de consommation de 3 à 10%. Les compteurs intelligents n'ont pu réduire la consommation en énergie que lorsqu'ils étaient utilisés en parallèle à un système d'information et de visualisation détaillée (Ornetzeder 2014).

Dans le village de Köstendorf, le fournisseur local en électricité (Salzburg AG) a mis en place un programme pédagogique pour apprendre davantage sur les interactions entre les systèmes photovoltaïques (PV), les voitures électriques et la consommation dynamique des ménages, ainsi que sur la façon de gérer un réseau basse tension dans des conditions réelles. Des systèmes PV branchés à 40 bâtiments et 36 véhicules électriques sont impliqués dans cet essai (Salzburg AG 2013). Un projet similaire fut aussi lancé dans le nord de l'Autriche, impliquant 37 systèmes PV de particuliers (Abart 2012). Cependant, les résultats de ces projets ne sont pas encore disponibles.

Un autre axe de recherche s'intéresse à l'utilisation de dispositifs intelligents en vue de sensibiliser la population et d'inciter à une modification de notre comportement face aux défis du changement climatique. Comme expliqué dans un récent rapport autrichien, le besoin d'une prise de mesures est particulièrement important en Autriche : « La réalisation des objectifs de 2050 paraît faisable seulement avec un changement de paradigme dans nos habitudes de consommation actuelles ainsi que dans la vision traditionnelle à court terme des stratégies politiques et du processus de décision [...] » (APCC 2014, 53). Le projet de recherche international « e2democracy » a étudié un ensemble de sept méthodes d'e-participation, organisées de façons similaires, au niveau local en Autriche, en Allemagne et en Espagne (Aichholzer et al. 2013). L'observation à long terme de combinaisons de plusieurs approches d'intervention (informationnelle, collaborative, d'apprentissage, et fondée sur la communauté) ainsi que la prise en compte des émissions directes et indirectes tant à l'échelle individuelle que collective ont donné des résultats exceptionnels. Des groupes de citoyen collaborèrent avec les élus locaux pendant presque deux ans (entre 2010 et 2012) afin de réduire les émissions de CO₂ d'au moins 2% chaque année. Les participants utilisaient un calculateur d'émission bimensuelle et individuelle de CO₂, leur permettant d'avoir un retour sur leur empreinte écologique avec le libre choix sur leur mode de participation, via les moyens traditionnels de participation ou via une interface d'e-participation. L'étude permit de montrer que l'approche participative à l'échelle locale, combinée avec un retour individuel sur son empreinte écologique, peut inciter la population à avoir un comportement plus responsable envers la planète et peut encourager la protection du climat au niveau local. La majorité des participants ont pu réduire leurs émissions de CO₂ de 2% chaque année. Cependant, pour proposer des choix appropriés au niveau individuel, il est crucial de mettre en place des conditions permettant la réalisation d'autres mesures envisageables, dans les différents domaines de la vie. Ceci pouvant aller de mesures encourageant l'utilisation des transports écologiques jusqu'au choix de son approvisionnement en énergie ou de son alimentation en respect avec la nature. L'option d'e-participation augmente clairement la disponibilité des uns à s'engager (environ un tiers des participants le font en ligne). Ainsi, l'effet principal de l'e-participation est d'augmenter le taux de participation. L'e-participation

n'est pas une panacée, dans la mesure où les participants en ligne ne diffèrent pas des participants usuels en termes d'effet produit. Cependant, vis-à-vis de ce besoin urgent de réduire les émissions de gaz à effet de serre en Autriche, ces approches intégrées s'appuyant sur les technologies intelligentes sont indispensables.

Catalogne

La politique catalane en matière de climat

La Catalogne est pleinement consciente que le pourtour méditerranéen est l'une des régions de l'Union européenne où l'impact climatique promet d'être le plus élevé. Le gouvernement catalan s'est donc assigné une feuille de route, le Plan pour l'Énergie et le Changement Climatique 2012-2020, pour répondre à ces défis et atteindre les objectifs de l'UE dans les domaines de l'énergie et du changement climatique. Le but est d'instaurer une économie et une société de faible intensité énergétique et qui émettent peu de carbone, tout en étant innovantes, compétitives et durables à moyen et long terme. C'est la première fois que la Catalogne traite conjointement et de façon coordonnée des politiques énergétiques et climatiques. Le plan établit ainsi des axes de travail et des priorités afin de réduire de 20% la consommation d'énergie, d'augmenter de 20% la proportion des énergies renouvelables et de réduire de 25% les émissions de CO₂ du cycle énergétique, en accord avec le paquet climat-énergie de l'Union européenne et l'objectif 20-20-20.

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

Les bâtiments sont des points d'intense consommation énergétique en raison de leur usage du chauffage, de la climatisation et de l'éclairage. En Catalogne, seuls 7% du parc immobilier ont été construits après l'entrée en vigueur des normes sectorielles sur l'efficacité énergétique et les économies d'énergie, et plus de 60% des immeubles datent d'avant 1980. Pris ensemble, ces facteurs indiquent que la construction immobilière est un domaine de grand potentiel pour les économies d'énergie, et que les efforts doivent se concentrer sur la réhabilitation énergétique des bâtiments existants.

Les nouveaux bâtiments doivent respecter des critères d'optimisation énergétique dans leur conception et leur choix des matériaux. D'autre part, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments existants peut être atteinte grâce à la mise en place de systèmes intégrés de gestion via les nouvelles technologies de l'information, à un travail sur l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments, ou des mesures non contraignantes telles que le remplacement des anciens systèmes. Le gouvernement catalan propose une série de subventions pour la réhabilitation et le contrôle des bâtiments : aides à la réhabilitation des bâtiments inoccupés, Inspection Technique des Bâtiments (ITB) pour l'obtention du Certificat de Conformité des Bâtiments, subventions pour la rénovation des immeubles résidentiels ou des logements pour personnes âgées, subventions pour l'amélioration de l'accessibilité des logements sociaux.

Les énergies renouvelables seront un point déterminant pour augmenter l'autoproduction d'électricité par les consommateurs, en vue du « solde net » : les usagers génèrent l'électricité qu'ils consomment, utilisent le réseau pour stocker le surplus et l'extraire au besoin, jusqu'à atteindre l'équilibre, au terme d'une longue période. Les estimations suggèrent d'ailleurs que le coût de l'énergie autoproduite sera, dans quelques années, égal à celui de l'énergie importée du réseau de distribution (soit la parité de réseau).

Un tel scénario exige l'installation à grande échelle de systèmes d'énergie renouvelable dans les habitations (principalement des panneaux photovoltaïques, mais aussi de petites turbines éoliennes, etc). Le gouvernement catalan œuvre déjà à la mise en place d'un cadre juridique pour réglementer dans l'Etat espagnol ce nouveau modèle d'alimentation électrique ; en effet, à l'heure actuelle, l'autoconsommation n'est pas compatible avec l'alimentation du réseau. Outre le « solde net », il existe d'autres façons d'introduire les énergies renouvelables dans la sphère domestique. La biomasse, par exemple, est une source de chauffage renouvelable et autonome, avec une durée d'amortissement de moins de cinq ans si elle remplace une chaudière au fioul ou à gaz âgée de plus de dix ans. L'énergie thermo-solaire est une autre source renouvelable de chauffage mais nécessite généralement le renfort d'une chaudière classique. Bien que toutes ces technologies s'appliquent autant aux habitations individuelles qu'aux logements multifamiliaux, la durée d'amortissement est moindre pour ces derniers, en raison de l'importance des installations. L'objectif est que les bâtiments catalans atteignent à long-terme l'autosuffisance énergétique - les réseaux gaziers et électriques offrant seulement une solution de repli.

L'Institut catalan des Technologies de Construction (ITeC), qui fait partie de l'Organisation Européenne d'Evaluation technique dans le domaine des produits de construction (EOTA), est une agence du gouvernement catalan autorisée à évaluer les produits non normés et les produits innovants, en tant qu'organisme d'évaluation technique, dans le cadre de la réglementation européenne 305/2011.

Innovation, transports, mobilité

Le transport est le premier consommateur d'énergie en Catalogne : il absorbe près de 40% de la consommation totale. De surcroît, près de 97% de l'énergie consommée dans ce secteur provient du pétrole et de ses dérivés, ce qui implique un niveau élevé d'émissions polluantes. C'est donc un domaine prioritaire pour l'instauration de mesures d'économie et d'efficacité.

Le secteur du transport présente plusieurs axes pour l'économie d'énergie. L'un d'eux consiste à diversifier l'énergie employée en encourageant le remplacement des moteurs à combustion interne par d'autres formes de propulsion, notamment électrique, ou en promouvant des combustibles renouvelables ou plus efficaces, comme le biocarburant et le GPL.

Il faut également rationaliser la demande de mobilité, en minimisant le nombre de trajets, en utilisant les moyens de transport adéquats, et en exploitant l'intermodalité entre les différents modes de transport. L'efficacité de la flotte de véhicules actuelle présente également une importante marge de progression: optimisation des itinéraires grâce à des systèmes de gestion de flotte, et réforme des méthodes de conduite (permettant d'économiser jusqu'à 20% de carburant).

Les biocarburants sont la première façon d'introduire les énergies renouvelables dans le secteur des transports. En plus des biocarburants actuellement utilisés, le Plan Énergétique insiste sur la nécessité de la recherche sur des biocarburants de deuxième génération – donc fabriqués à partir de matière non alimentaire. Ces nouveaux biocarburants éviteraient les effets indésirables tels que les problèmes de viabilité environnementale, la rivalité avec les usages alimentaires et la hausse du prix des denrées. L'objectif est de permettre l'utilisation de ces biocarburants d'ici 2020. En Catalogne, un groupe de l'Institut Catalan pour la Recherche Énergétique (IREC) se consacre à ce domaine dans un laboratoire de Tarragone.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

La productivité des champs cultivés dans la région méditerranéenne est limitée par les conditions environnementales. Elle est optimisée grâce à des méthodes agronomiques et des systèmes fondés sur la connaissance génétique et écophysiological des espèces cultivées et du lieu où elles poussent (sol, climat, structure sociale, etc). Le changement climatique et la variabilité croissante dans le secteur agricole entraînent toutefois une augmentation des problèmes et des risques. Il est intéressant de noter que le secteur contribuait à 8,1% des émissions totales de gaz à effet de serre en Catalogne, pourcentage comparable à celui du secteur industriel.

Les mesures suivantes ont été proposées pour adapter les champs à la phase actuelle du changement climatique et à en faire des puits de carbone :

(a) adapter le matériel végétal à sa destination et à son usage, en prenant en considération ses caractéristiques écophysiological (résistance à la sécheresse, aux températures extrêmes, à la salinité et à la pollution, relations avec les autres organismes, etc). (b) augmenter la biodiversité agricole. (c) améliorer le stockage de l'eau et la fertilité des sols. (d) optimiser l'usage de l'eau grâce à des méthodes et des systèmes qui intègrent les besoins de l'utilisateur, la disponibilité du matériel végétal et de l'eau : par exemple, des capteurs qui accompagnent la décision agricole (agriculture de précision) et favorisent l'usage des eaux de récupération. (e) valoriser les pratiques agricoles en tant qu'élément du paysage, et en conséquence accepter que toute action a un impact positif ou négatif sur les réseaux trophiques. (f) concilier le niveau régional de la demande agricole avec les enjeux globaux de la mondialisation et de l'augmentation de la population. Ces problèmes appellent une réponse politique, par le développement de normes sociales (assurances, subventions, tarification garantie pour la production, eau et énergie, etc) et la régulation des prix et de la possession de la terre et de l'eau. Des incitations fiscales doivent encourager l'usage des champs comme régulateurs des ressources en eau et puits de carbone.

En juin 2015 le parlement catalan a voté une résolution exhortant le gouvernement catalan à « Promouvoir et financer l'agriculture biologique pour réduire les émissions du secteur agricole et les atténuer par un impact positif ».

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

La Catalogne prépare une loi sur le changement climatique et a sollicité la participation publique via un sondage en ligne.

En plus de cette expérience, la société civile démontre un haut niveau d'engagement en ce qui concerne le changement climatique. De nombreuses municipalités catalanes font partie de la Convention Européenne des Maires et plus de 180 municipalités catalanes (7% du total européen) ont déjà instauré des plans d'efficacité énergétique.

Le Bureau Catalan sur le Changement Climatique promeut et soutient la mise en place d'accords volontaires avec des groupes, organismes et associations catalanes pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Plus de 60 organismes ont adhéré à ce programme d'accord volontaire en à peine un an et demi. La plupart des mesures instaurées par ces

organismes implique la réduction de la consommation d'énergie. Il s'agit d'améliorer l'éclairage, le chauffage et la climatisation, de remplacer les voitures par des véhicules plus efficaces, d'acheter des véhicules hybrides (qui représentent à présent, dans certains cas, près de 17% de la flotte), d'inculquer des méthodes de conduites plus économes, d'encourager le covoiturage entre employés, et de réduire la mobilité par des mesures innovantes telles que le télétravail et la rationalisation des horaires actifs. Les organismes participants démontrent clairement qu'un bon niveau de vie est compatible avec une baisse de la consommation d'énergie.

Enfin, il faut rappeler qu'en juin 2015 le Parlement catalan a voté une résolution encourageant le gouvernement à « continuer d'introduire l'éducation au changement climatique à l'école et au grand public, et mettre en œuvre une campagne d'information sur le changement climatique, ses causes et conséquences, ses fondements scientifiques et les mesures à instaurer pour l'atténuer. »

Conclusion

Les politiques d'économie d'énergie et d'amélioration de l'efficacité énergétique sont la clé pour assurer la mise en place d'un système énergétique durable.

Les énergies renouvelables sont une option stratégique pour le présent et pour l'avenir.

Il est possible de découpler le PIB et la consommation d'énergie, tant que l'énergie est utilisée intelligemment et raisonnablement.

L'effort de la R&D en faveur de nouvelles technologies énergétiques doit être augmenté.

Le secteur de l'énergie doit être renforcé car il présente l'opportunité d'une importante croissance économique et peut permettre la création d'emplois qualifiés. La mobilité électrique et la construction sont deux des principaux domaines qui appellent de nouvelles initiatives commerciales.

Il est nécessaire d'impliquer la société civile dans la création du nouveau modèle énergétique catalan, par l'éducation, la participation et l'inclusion des classes sociales économiquement défavorisées.

Danemark

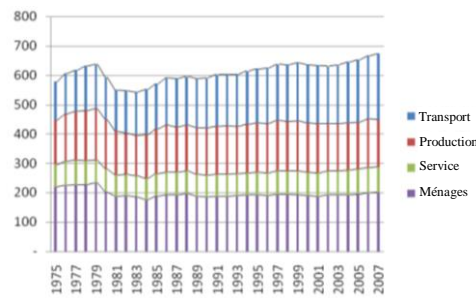
Avant la première crise énergétique dans les années 1970, le Danemark avait un système énergétique très peu efficace. Les innovations dans les domaines du bâtiment, des transports, de la production alimentaire ou dans tout autre secteur lié à la production et à la consommation énergétique, ne se concentraient absolument pas sur la dimension énergétique des problèmes. Les deux crises énergétiques des années 70 ont radicalement changé notre vision dans ce domaine. Pour le Danemark, la première crise fut un choc conséquent. Le Danemark était presque intégralement dépendant de l'importation pour l'énergie, surtout concernant sa production de chauffage pendant l'hiver, étant donné son climat tempéré. La population, les industries et les commerces ont été lourdement touchés par des restrictions pendant la crise. De nombreuses décisions politiques ont dû être prises pour mettre fin à cette crise ainsi que pour éviter un nouveau choc énergétique.

Les différentes politiques élaborées après la crise traitent des différents points énoncés dans ce livre vert, plus un certain nombre d'autres idées, dont certaines très importantes :

- le Danemark a investi dans des infrastructures de gaz au fil du temps, couvrant ainsi toutes les villes du Danemark. Ces infrastructures comprennent des tubes sur 19000 km ;
- le Danemark est devenu grâce au gaz de la mer du Nord un exportateur net de gaz et de pétrole ;
- la production énergétique exploite désormais des centrales combinées électricité-chaaleur au gaz, ainsi que des installations à plus petite échelle pour les petites communautés ;
- un système de distribution de chauffage urbain a été installé, couvrant les villes les plus importantes ;
- des programmes incitatifs pour isoler les maisons ont été lancés conduisant à un mouvement massif de réhabilitation des maisons et à l'augmentation des standards ;
- des accords ont été volontairement passés entre les producteurs d'appareil ménagers et les revendeurs pour mettre en place un système de label pour l'efficacité énergétique.
- une taxe verte sur l'essence, les voitures et d'autres biens de consommation ayant une forte empreinte énergétique a été introduite augmentant ainsi les prix par rapport aux autres pays européens ;
- l'innovation dans le domaine des systèmes énergétiques est fortement encouragée, notamment grâce à des subventions dans le domaine de l'éolien.

Ces politiques ont permis au Danemark de rendre indépendante sa croissance économique de sa consommation énergétique. La consommation énergétique danoise, est devenue stable, et cela même pendant des périodes de forte croissance économique. Ces politiques énergétiques ont donné lieu à des recettes nettes de 50 milliards de DKK par an (soit 1300 euros par personne et par année). Comme le dirait Henrik Lund, économiste de l'énergie à l'Université d'Aalborg, « ceci a pu financer le système éducatif danois ».

Consommation d'énergie finale par secteur au Danemark



Le graphique ci dessus montre la consommation finale en énergie (c'est à dire, sans prendre en compte les pertes dans la production d'énergie) de 1975 à 2007. Nous pouvons voir une consommation stable dans tous les secteurs, sauf dans celui du transport où il y a eu une légère croissance de la consommation en énergie. La baisse en 1979 est due aux décisions politiques après la seconde crise pétrolière de 1979. Malgré un PIB qui a doublé pendant cette période, la consommation énergétique a pu rester stable en général.

La politique énergétique danoise actuelle est dans la continuité des mesures prises après la première et la seconde crise énergétique. Le Danemark a pour objectif d'utiliser 35% d'énergies renouvelables en 2020 dont 50% d'éolien, et ces objectifs seront atteints. L'objectif en termes d'émissions de CO₂ est une réduction des émissions de 40% d'ici 2020 et de 100% d'ici 2050. D'importants débats ont eu lieu au cours de ces dernières années à propos de ces questions, en vue d'atteindre les objectifs annoncés.

La production d'énergie fossile dans la mer du Nord a fortement augmenté, et les recettes en exportation d'essence et de gaz ont diminué. Les politiques énergétiques danoises ont pour objectif d'éviter des importations nettes de produits énergétiques, de diminuer l'empreinte carbone et de permettre la poursuite du succès industriel danois dans le secteur de l'énergie et dans les autres secteurs industriels.

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

Poursuivant l'objectif de limiter sa consommation énergétique tout en augmentant sa production, le Danemark a su innover dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments. La réhabilitation énergétique des bâtiments a été fortement encouragée dans les années 1970, ce qui a donné lieu à un grand mouvement de réhabilitation qui fait que les bâtiments danois sont actuellement très efficaces énergétiquement. Ces incitations politiques ont aussi aidé à innover dans ce secteur. C'était l'époque où les compagnies comme Velux (produisant des fenêtres flexibles intégrées aux toîts et très bien isolées), Rockwool (fabriquant des matériaux d'isolation à base de pierre), Dulfoss (faisant des pompes high-tech très efficaces énergétiquement) et Danfoss (fabriquant des systèmes de contrôle pour chauffage de maisons) avaient leur plus grosse croissance et s'étaient imposées comme d'importantes entreprises internationales grâce à leurs produits très innovants.

Les batiments danois avaient certes une bonne efficacité énergétique à l'époque, mais aujourd'hui, elle n'est plus suffisamment bonne, surtout pour atteindre l'objectif de réduction de 100% des émissions de CO₂. L'efficacité énergétique des bâtiments représente donc un objectif important des politiques énergétiques.

De nouveaux bâtiments sont en train d'être construits avec les nouvelles normes nécessaires pour atteindre les objectifs annoncés. Les concepts des « maisons à zero énergie » existent et investir dans ce secteur s'avère être bénéfique. Le développement dans ce secteur au Danemark est assez comparable à celui expliqué dans la contribution autrichienne. Seulement, les incitations danoises ont été moins nombreuses et plus tardives qu'en Autriche. Il y a un sérieux développement du secteur des « maisons à zéro énergie » mais les nouveaux bâtiments représentent seulement une petite fraction du volume total des bâtiments. Ainsi, il s'agit d'un développement nécessaire à long terme, mais dans 20 à 30 ans, cet effort ne permettra pas de changer radicalement les normes énergétiques des bâtiments danois.

Le défi est donc d'améliorer l'efficacité énergétique des anciens bâtiments. Et cela représente un immense chantier. Des études montrent qu'une grande partie des bâtiments danois vont perdre de la valeur et seront invendables s'ils ne sont pas réhabilités énergétiquement. Ceci est un problème majeur pour les propriétaires mais aussi pour l'économie danoise. En effet, le financement danois des maisons est fondé sur un système d'émission d'obligations, ce qui signifie que l'économie danoise peut être profondément touchée par la perte de valeur du secteur du bâtiment.

Il y a de nombreuses façons pour atteindre un niveau d'efficacité énergétique plus important pour les vieux bâtiments, et pour cela il faut être innovant. Les innovations sociales et politiques peuvent apporter davantage de solutions au problème que ne le feraient les innovations technologiques.

Beaucoup de vieux bâtiments sont protégés par des lois visant à leur conservation, et il n'est pas possible de les réhabiliter énergétiquement car cela réduirait leur valeur historique, ce qui n'est pas autorisé. Ces bâtiments vont être de plus en plus difficiles à chauffer, ce qui ne les rend pas intéressants pour les acheteurs potentiels. Ils deviendront aussi un problème majeur pour les mesures de conservation d'énergie mises en place. L'étiquetage énergétique de ces maisons montre bien le problème, et des innovations peuvent être faites pour améliorer l'étiquetage sans pour autant toucher à l'architecture de ces maisons. Une solution serait de relier au numéro d'enregistrement de la maison, des investissements locaux ou privés faits dans les énergies renouvelables. Ainsi, la consommation énergétique nette de la maison serait diminuée. En d'autres termes, les propriétaires de ces maisons pourraient volontairement financer la production d'énergie renouvelable, ce qui compenserait la consommation énergétique de leur maison. Pour cela, de nouvelles lois doivent être mises en place au Danemark, qui favoriseraient cette production privée d'énergie, par rapport à la production commerciale d'énergie à grande échelle, car l'énergie utilisée de cette manière privée ne serait pas taxée (elle aurait un statut de conservation d'énergie et pas de production d'énergie). C'est sûrement pour ces raisons que ce genre d'innovation n'a pas encore vu le jour.

Pour les immeubles individuels construits il y a 30 ou 50 ans – c'est à dire les bâtiments construits pendant ou après la crise – le problème est que leur isolation thermique est bien trop faible, et il coûte souvent plus cher de refaire entièrement l'isolation thermique que de démolir entièrement le bâtiment et d'en reconstruire un nouveau – sauf pour un petit nombre de maisons qui ont une valeur architecturale importante. Ceci est un problème pour plusieurs raisons. L'une d'elles est que les maisons qui perdent de la valeur sont achetées par des gens à faible revenu. Ainsi le statut social de grandes zones - parfois des banlieues toutes entières voire des villes – chute brusquement, pouvant mener au développement de ghettos. Il faut donc lutter de façon proactive contre cet effet de ghettoïsation par des mesures politiques dans le domaine du bâtiment ou de l'énergie, mais pas seulement.

Un exemple de ce phénomène de ghettoïsation est celui de Stenlille, une ville à côté de Copenhague. Stenlille s'est fortement étendue entre les années 70 et 80, et les normes énergétiques des maisons et les éléments architectoniques ne répondent pas à la demande d'aujourd'hui. Le statut social de Stenlille s'est dégradé, le quotidien des résidents a été dérangé par l'apparition de gangs de jeunes. Ceux qui en avaient les moyens ont déménagé. La municipalité a alors lancé un processus de revalorisation de la ville de Stenlille, en investissant dans des activités de participation du public, dans la vie de quartier, en rénovant les services de soins pour personnes âgées et les infrastructures publiques en général. Les résultats furent encourageants car Stenlille est maintenant en train de devenir une ville de plus en plus attirante. Des personnes aisées s'y installent. Elles ont les moyens pour rénover les anciens bâtiments ou pour construire de nouvelles maisons. Stenlille nous montre des exemples de problèmes auxquels font face de nombreuses municipalités. Pour surmonter ces difficultés, des innovations politiques et sociales sont nécessaires, et ont un impact fort sur l'avenir de la consommation énergétique.

Pour la plupart des villes au Danemark, la réhabilitation classique en énergie est possible, et peut souvent être faite en rendant la maison plus esthétique et plus fonctionnelle. Ce type de rénovation comprend généralement un toit très bien isolé, des nouvelles fenêtres, une isolation thermique des murs extérieurs, ainsi qu'une remise à neuf du système de chauffage. Dans une grande partie des cas, ces travaux de rénovation permettent de réhabiliter les maisons au niveau des exigences qui seront demandées à l'avenir. Les difficultés rencontrées au cours d'un tel processus ont généralement à voir avec: a) les incitations économiques, qui est un problème politique, et b) la nécessité de reformer les ingénieurs, les architectes, les ouvriers, les investisseurs et les propriétaires. En d'autres termes, il est reconnu que les techniques pour mener des rénovations efficaces existent, sans mentionner qu'elles peuvent même être améliorées. Il est fortement nécessaire de mettre en place d'autres mesures.

En 2008, le Conseil Danois pour la Technologie (Teknologirådet) a rassemblé des acteurs du secteur du bâtiment pour évaluer les politiques publiques danoises ainsi que pour suggérer des mesures pouvant améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. Le rapport explique qu'un remplacement annuel de 1% des anciens bâtiments par des nouveaux, une rénovation totale de 2% des bâtiments et une rénovation partielle pour 1%, devrait pouvoir réduire la consommation énergétique des bâtiments de l'ordre de 80% après 25 ans. Ceci pourrait permettre une économie de 50 milliards de DKK par an (soit 8000 DKK par habitant, soit 1000 euros par habitant et par an), ainsi qu'une économie de 10 millions de tonnes de CO₂ (soit une autre « façon de financer le système éducatif danois »). Mais plus sérieusement, cela pourrait surtout permettre de maintenir, voire d'augmenter, la valeur financière des bâtiments. L'éducation, de nouvelles normes de construction, le développement des bâtiments publics, sont les secteurs où le plus d'efforts sont nécessaires.

Innovation, transports, mobilité

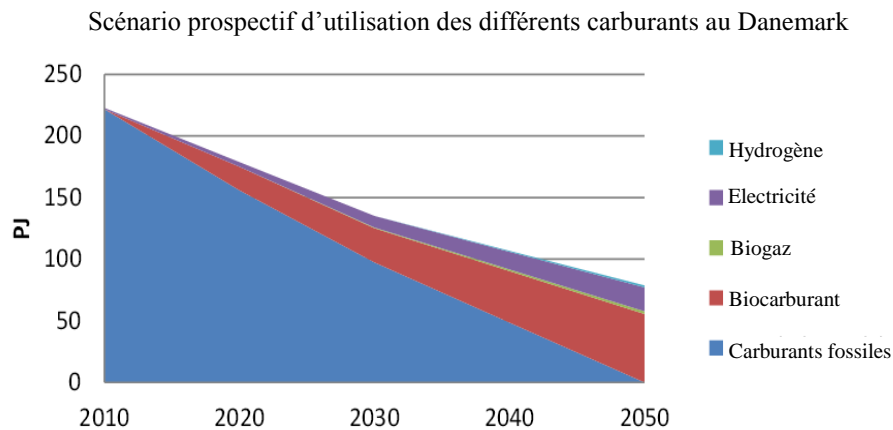
Bien que le Danemark possède une importante capacité de production industrielle *business to business* de pièces pour l'industrie automobile, ce chapitre se concentre sur les domaines d'innovation dans lesquels le Danemark joue un rôle industriel essentiel (sauf pour l'industrie automobile qui relève des pays producteurs de voiture).

Il n'y a pas de doute que le secteur du transport sera un domaine important – voire peut-être le domaine le plus important – dans lequel il faudra innover pour atteindre les objectifs nationaux et mondiaux de réduction de CO₂. En effet, dans les autres secteurs, les

technologies permettant d'exploiter des sources d'énergies durables pour produire de l'électricité (plutôt que des énergies fossiles) sont disponibles. Ce n'est pas encore le cas pour une grande partie du secteur des transports.

La production des technologies de biocarburants est le domaine majeur dans lequel le Danemark pourrait innover et se développer industriellement. La production industrielle danoise d'enzymes est techniquement à la pointe, et la recherche danoise dans ce domaine est une des meilleures au monde.

En 2012, Le Conseil Danois pour la Technologie a publié un rapport sur les scénarios pouvant transformer le système du transport en un système n'émettant plus de CO₂. L'étude conclut très clairement que les biocarburants jouent un rôle crucial, car ils sont la source majeure de carburants non-fossiles pour les transports de longue distance tels que l'aviation, le transport maritime, ou le transport de marchandises. Les autres formes de transport devront utiliser exclusivement l'électricité dans les 25 ans à venir et un système de production d'énergie 100% renouvelable doit être développé.



Cependant, la disponibilité de la biomasse est un facteur limitant. Il est généralement admis au sein des groupes d'expertise que la récolte danoise en biomasse pourrait être doublée, pour atteindre 200 PJ au cours des 20 prochaines années. Il faut 75 PJ pour couvrir la demande d'énergie dans le secteur du transport (en prenant seulement en compte l'aviation, le transport maritime et le transport de marchandises), ce qui signifie qu'il ne reste que très peu de biomasse disponible pour les autres secteurs car une autre grande partie est utilisée par le secteur agricole. Ainsi, il est crucial d'innover pour développer des processus de transformation et de production efficaces de la biomasse. Le graphique ci-dessus montre le bouquet énergétique pour un système de transport fonctionnant seulement aux énergies renouvelables. Même si la plupart des transports fonctionneront à électricité (violet), l'efficacité des moteurs permet d'avoir une consommation énergétique assez faible. Les biocarburants (rouge), ont eux, au contraire, une efficacité assez faible, due aux pertes énergétiques lors de la transformation des biomasses en biocarburants, ainsi qu'à cause de l'inefficacité du moteur à combustion. Les biocarburants doivent, par conséquent, être considéré comme un domaine où il est nécessaire d'innover pour améliorer l'efficacité de « la récolte à la roue ».

La biomasse danoise pour la production de biocarburant est actuellement produite grâce aux pailles issues de la production de céréales. Ceci n'est pas optimal dans la mesure où la disponibilité de ces pailles est déterminée par d'autres facteurs de la production de céréales, et

aussi parce que les céréales ont une courte période de récolte. Une avancée majeure serait de parvenir à passer de l'utilisation des pailles de céréale à l'utilisation d'une combinaison d'herbes et de plantes pouvant capter l'azote. Ce sont des plantes qui grandissent toute l'année, appelées « plantes de champs verts », qui peuvent être récoltées plusieurs fois dans l'année, qui peuvent produire leur propre engrais, et qui peuvent être utilisées pour de nombreuses applications industrielles avant de finir dans la raffinerie de biocarburants, voire même être utilisables après.

Un rapport du Conseil Danois pour la Technologie a été fait pour le ministère du Commerce en 2009 sur la production de biocarburant au Danemark. Ce rapport montre que l'économie des biocarburants dépendra de la rentabilité de produits connexes tels que les fibres de grande valeur, les enzymes, les produits chimiques et les nutriments, car le prix de production des biocarburants, à lui seul, ne peut pas être compétitif avec celui de l'électricité ou, dans un marché libéralisé, avec celui des carburants fossiles. A l'avenir, nous n'aurons donc pas seulement des raffineries de biocarburants mais des « bioraffineries » à multifonctions, qui, il faut le dire, s'intègrent bien dans les actuelles visions de l'avenir de la « bioéconomie ».

D'autres secteurs qui ont été soulignés, dans lesquels le Danemark pourrait jouer un rôle important en termes d'innovation et d'amélioration de l'efficacité énergétique du transport sont :

- les peintures pour bateau réduisant les frottements : la compagnie danoise Hempel est devenue un acteur important dans le secteur de la peinture pour bateau ;
- la logistique : le commerce maritime danois est un des plus importants et des plus innovants au monde ;
- de l'asphalte réduisant les frottements : le Danemark est à la pointe dans ce domaine ;
- des systèmes de trafic intelligent : le domaine des TIC et la recherche dans le secteur du trafic sont très développés au Danemark.

D'autres secteurs innovants mentionnés dans le rapport sont :

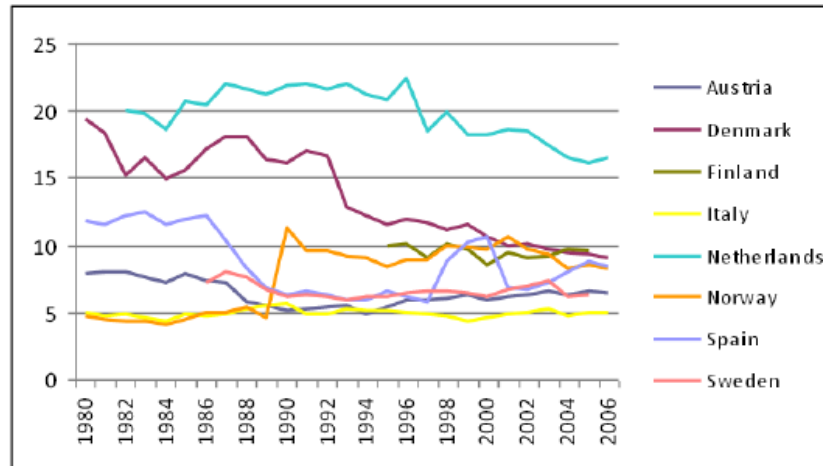
- le développement des systèmes collaboratifs des TIC tel que la vidéo-conférence afin de réduire les transports routiers professionnels ;
- un aménagement urbain intelligent pour améliorer la mobilité et pour « se déplacer dans les deux directions » aux heures de pointe, permettant ainsi une meilleure utilisation des transports publics ;
- une innovation plus importante dans le secteur des véhicules à deux ou trois roues pour diminuer l'utilisation des véhicules lourds.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

L'agriculture danoise est hautement intensive et fondée sur une solide recherche agricole, mais elle est une grande consommatrice d'énergie. Le Danemark ne peut donc montrer la voie aux autres pays en ce qui concerne les émissions basses de CO₂ émanant du domaine agricole. Les chiffres suivants montrent l'évolution de l'intensité énergétique pour l'agriculture de huit pays européens, entre 1980 et 2006. Exception faite des Pays-Bas, qui a une

importante production serricole, le Danemark est le plus grand consommateur d'énergie par euro produit dans le domaine agricole.

Intensité énergétique dans l'agriculture (MJ/euro, aux prix de 2000)



Ces résultats laissent toutefois une grande marge de progression. Le ministère du Climat, de l'Environnement et des Biens alimentaires danois a publié en 2009 un rapport proposant 15 mesures pour réduire les émissions en CO₂ de la production agricole. Les quatre mesures les plus efficaces, représentant 75% de l'effet total du rapport, étaient les suivantes:

- Utilisation du fumier pour la production de biogaz
- Production de copeaux de bois de saule sur les sols pauvres ou peu fertiles
- Combustion de paille pour la cogénération de chaleur et de carburant
- Fin de la production agricole sur les terres humides

La plupart de ces 15 mesures pourraient être améliorées. Le biogaz n'est pas encore une technologie infaillible; les rendements énergétiques des cultures ne sont pas énormes; la combustion de paille pour la production combinée de chaleur et d'électricité est encore un usage peu rentable du matériau, et la bioraffinerie lui permettrait sans doute d'atteindre une plus haute valeur de production; la mise au point de systèmes de production sur terre humide à faible impact environnemental aiderait les agriculteurs au Danemark et dans de nombreuses autres régions du monde.

Le rapport consacré à une mobilité intégralement durable s'est également intéressé à la consommation énergétique des machines agricoles. Près de 10% de l'énergie consacrée au transport danois sont employés par l'agriculture, et le potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique de ces machines est grand, tout comme la possibilité de réduire le traitement mécanique des sols.

Il est communément pensé que l'agriculture biologique a une empreinte environnementale moindre que celle de l'agriculture industrielle. Cette vision n'est pas nécessairement avérée en ce qui concerne l'émission des gaz à effet de serre en raison de la dépendance de l'agriculture biologique au bétail pour la production d'engrais. Le méthane produit par les animaux génère un important effet de serre, tandis qu'en principe les engrais industriels peuvent être produits à partir de sources d'énergie durables. La marge de progression de l'agriculture biologique

demeure assez grande, et l'une des améliorations possibles les plus évidentes, au point de vue de l'empreinte carbone, réside dans un système durable de production d'engrais.

Le paysage danois est soumis à de nombreuses pressions. Plusieurs politiques d'usage des terres sont en vigueur au Danemark; prises ensemble, elles occupent 140% du territoire danois. Les principales raisons de cette surestimation des ressources territoriales danoises sont les suivantes: les plans d'aménagement des forêts; les stratégies d'adaptation climatique; la perte de terres viables en raison du changement climatique; l'expansion constante des villes. Cette évolution appelle des façons neuves et innovantes d'utiliser la terre: l'agroforesterie, l'agriculture urbaine, et le déplacement des fermes d'élevage vers des zones industrielles – tous domaines qui suscitent de nombreuses recherches et innovations partout dans le monde. La recherche agricole danoise n'a pas encore relevé ce défi, mais aurait sans doute un rôle important à jouer dans ce domaine.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

La tradition danoise d'engagement des citoyens dans l'innovation est assez forte. Depuis l'essor d'internet, un grand nombre de projets de développement de TICs ont fait usage de diverses technologies et méthodes pour évaluer les réactions du consommateur, l'opérabilité, le comportement des usagers, etc. Il semble toutefois que cette tradition ne soit pas ancrée dans la mise en œuvre de la transition énergétique.

C'est un fait bien connu des spécialistes: au Danemark, la transition énergétique nécessaire est rendue possible par l'essor des technologies dont nous disposons aujourd'hui – le secteur du transport faisant exception. Le défi que présente la mise en œuvre de cette transition ne réside donc pas dans une lacune des technologies, mais bien dans l'utilisation qui en est faite.

Les problématiques importantes pour la recherche et l'innovation sont donc de cet ordre:

- Comment inciter les consommateurs à investir dans des produits de meilleure efficacité énergétique ?
- Comment encourager les citoyens à consommer moins de viande ?
- Quelles incitations pourraient engager les propriétaires à investir dans la production décentralisée d'énergies renouvelables ?
- Comment amener une large part de la population à un haut niveau de compétence en ce qui concerne les comportements de consommation énergétique, l'investissement pour l'économie d'énergie, *etc.* ?

Les réponses "intelligentes" à ces questions doivent être entendues différemment des "technologies intelligentes". Il s'agit de parvenir à un engagement profond des citoyens, de sorte que les décideurs politiques puissent être assurés de l'effet positif de telles solutions.

Le cas de Stenlille, décrit plus haut, est un autre exemple de l'importance de l'implication citoyenne dans le processus de transformation de l'infrastructure, en vue de meilleures normes énergétiques. De nombreuses villes d'Europe sont en crise en raison de trop faibles investissements dans le logement et dans la performance énergétique du bâtiment. Un renforcement des pouvoirs locaux et de l'éducation semble un moyen essentiel – sinon unique – pour résoudre ces problèmes. Les innovations sociales nécessaires à une transition à grande

échelle n'ont pas encore été expérimentées à grande échelle, mais auraient certainement un impact conséquent.

Dans le secteur du transport, un autre problème important ne pourra être résolu que par une interaction avec les citoyens. Nous savons tous que l'augmentation du transport privé au détriment des transports en commun entraînera une augmentation des émissions de CO₂; mais cela n'affecte pas notre comportement, ni en tant qu'usagers et électeurs, ni en tant que décideurs politiques. Ce qui pourrait réellement faire la différence, dans le secteur du transport, c'est donc probablement des innovations sociales et politiques qui faciliteraient le changement de nos comportements. Par exemple, un système commun pour les taxes sur les véhicules privés et le paiement des transports publics, de sorte que le coût supplémentaire du transport soit réduit pour les usagers qui paient déjà pour leur propre voiture. Toutefois, sans connaître avec certitude la réaction des citoyens à des telles mesures, les décideurs politiques ne se risqueront pas à les mettre en œuvre. La participation publique est donc essentielle pour apprendre à anticiper la réception de diverses mesures.

En règle générale, un autre consensus existe parmi les spécialistes de l'énergie: la participation des citoyens à la transition énergétique n'est pas suffisante pour résoudre les défis qui se présentent à nous. Ces défis ne pourront être résolus sans la participation des citoyens.

États-Unis d'Amérique

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

En 2014, les bâtiments américains ont consommé 41 % de l'énergie de la nation et émis environ 39 % de son dioxyde de carbone. Les pratiques de construction écologiques peuvent créer des bâtiments plus économes en ressources, baisser les coûts d'exploitation, réduire la pollution et améliorer la qualité de l'air intérieur. Bien qu'il n'y ait pas de définition généralement acceptée de la construction écologique, l'analyse des différentes normes, comme le système de notation largement utilisé « *Leadership in Energy and Environmental Design* » (LEED), montre qu'un bâtiment écologique incorpore un ou plusieurs des six éléments généralement reconnus suivants : (1) des mesures de conservation d'énergie ou d'efficacité, permettant de réduire la consommation d'énergie dans un bâtiment ou d'utiliser des sources d'énergie renouvelables ; (2) des mesures de qualité de l'environnement intérieur, pour améliorer la qualité de l'environnement intérieur grâce à la ventilation et l'utilisation de matériaux à faibles émissions polluantes ; (3) des mesures de conservation et d'efficacité de l'eau, pour réduire la consommation d'eau à l'intérieur et l'extérieur du bâtiment ; (4) des principes de conception intégrés, pour planifier et concevoir en utilisant une équipe de projet avec une variété de parties prenantes, tels que des architectes, des constructeurs et des ingénieurs du bâtiment ; (5) des mesures de localisation ou d'emplacement durables : il s'agit de situer le bâtiment de façon à minimiser l'impact sur l'écosystème de proximité ; et (6) des mesures visant à réduire l'impact environnemental des matériaux : pour réduire l'impact environnemental des matériaux, telle que l'utilisation de matériaux et de produits développés de manière durable avec une haute teneur en matières recyclées, entre autres.

Les lois fédérales des États-Unis ont demandé aux agences gouvernementales de favoriser des pratiques de construction écologiques dans le « secteur non fédéral ». Cela vaut pour la plupart des bâtiments de la nation et comprend les bâtiments de l'État et des collectivités locales, ainsi que du secteur privé. Il existe un grand nombre d'initiatives fédérales à travers plusieurs agences du gouvernement américain visant à promouvoir des pratiques de construction écologiques dans le secteur non fédéral. Le gouvernement américain prend également des mesures pour mettre en œuvre les obligations en matière d'efficacité énergétique dans les bâtiments fédéraux, souvent en utilisant des « contrats de performance en matière d'économies d'énergie » (ESPC), où des entrepreneurs privés financent les coûts initiaux d'amélioration énergétique. Les agences remboursent ensuite les entrepreneurs à partir des économies réalisées, telles que celles résultant des factures moins élevées des services publics (*utilities*). Les économies de coûts et d'énergie que les entrepreneurs ont déclaré aux agences pour la plupart des ESPC ont atteint ou dépassé les prévisions, mais certaines de ces économies peuvent être surestimées.

L'utilisation des énergies renouvelables est, dans le bâtiment, une autre façon d'aider à atténuer les effets des gaz à effet de serre sur le changement climatique. Les politiques de l'État imposant l'utilisation des énergies renouvelables dans la production d'électricité, ainsi que les financements et les crédits d'impôt du gouvernement américain pour les producteurs d'énergies renouvelables, ont été les principaux facteurs qui ont abouti à une multiplication par trente de la production et une multiplication par dix-neuf de la consommation d'électricité à partir d'énergie éolienne et solaire aux États-Unis, entre les années 2000 et 2013. En particulier, l'énergie solaire peut être utilisée pour chauffer, refroidir et faire marcher les

maisons et les entreprises, avec une variété de technologies qui convertissent la lumière solaire en énergie utilisable. Des exemples de technologies de l'énergie solaire incluent le photovoltaïque, l'énergie solaire concentrée et l'eau chaude solaire. Les activités de promotion de la technologie de l'énergie solaire sont financées par l'investissement public et privé. La majorité des initiatives financées par six agences américaines ont soutenu des technologies photovoltaïques. Ces initiatives gouvernementales incluent de multiples activités de promotion de la technologie, allant de la recherche fondamentale à la commercialisation, en fournissant des fonds aux différents types de bénéficiaires, y compris les universités, l'industrie et les laboratoires et chercheurs fédéraux, principalement par le biais de subventions et de contrats.

En outre, depuis que les centrales électriques sont la plus grande source d'émissions de gaz à effet de serre aux États-Unis, le président Obama et l'Agence de protection de l'environnement ont récemment mis en place le *Clean Power Plan*, qui établit des normes pour les centrales existantes pour réduire les émissions de dioxyde de carbone de 32 % à partir des niveaux de 2005 d'ici 2030. En cas de succès, ce plan conduirait à 30 % de plus de production d'énergie renouvelable aux États-Unis.

Innovation, transports, mobilité

Les transports représentent 71 % de la consommation de pétrole des États-Unis et 33 % des émissions de carbone de la nation. La croissance de la population va déclencher une plus grande demande de carburant pour alimenter les véhicules. Les stratégies de transport économes en énergie pourraient réduire la consommation de pétrole et les émissions de gaz à effet de serre (GES). En utilisant moins de mobilité motorisée, en augmentant l'efficacité des véhicules et en utilisant des carburants contenant moins de pétrole et de charbon, on peut réduire les émissions de GES et la consommation de pétrole, tout en répondant aux besoins de transport. Aux États-Unis, deux réglementations principales – les normes d'émission des véhicules de gaz à effet de serre et d'économie de carburant, ainsi que la « norme de carburant renouvelable » – ont contribué à diminuer la consommation de carburant à base de pétrole.

Une autre loi exige que, d'ici 2022, les carburants de transport des États-Unis contiennent 36 milliards de gallons de carburants renouvelables, dont 15 milliards de gallons de carburant renouvelable pourraient venir de l'éthanol de maïs, mais le reste devrait provenir de biocarburants avancés, tels que l'éthanol à base de sources celluloses, comme le panic raide (*panicum virgatum*), et les résidus forestiers et agricoles, comme la sciure et la canne à sucre. Il reste plusieurs défis clés pour répondre à ces exigences, y compris le manque de biocarburant cellulosique suffisamment disponible dans le commerce pour atteindre les objectifs. Néanmoins, les biocarburants issus de la biomasse durablement récoltée pourraient fournir une part importante des marchés du kérosène, de l'essence et du diesel, si les objectifs technologiques sur les biocarburants du gouvernement américain sont atteints ; ces marchés sont matures, et les conditions de marché projetées existent. Le gouvernement américain soutient également le développement et l'utilisation de « carburants-aviation » (ou « carburéacteur ») de remplacement à partir de matières premières non-pétrolières, y compris la biomasse renouvelable (comme les résidus de cultures et d'arbres, les algues ou les déchets solides municipaux triés). Atteindre la compétitivité des prix pour les carburants-aviation de remplacement est le défi primordial du développement d'un marché viable. En tant que tel, aucun carburant-aviation de remplacement n'est actuellement disponible dans le commerce à des prix compétitifs avec des carburéacteurs classiques.

Une possibilité de réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant du transport est l'adoption de véhicules électriques ou à l'hydrogène. Cependant, l'adoption plus large de ces véhicules dépend du développement simultané et généralisé des infrastructures de production de distribution et d'alimentation d'hydrogène, ainsi que de recharge des véhicules électriques. Alors que le développement de cette infrastructure de distribution de détail serait plus coûteux que le maintien de l'infrastructure actuelle, les coûts d'infrastructure ne sont qu'une petite partie des coûts totaux de carburant. Des politiques et des incitations fortes peuvent être nécessaires pour surmonter les coûts pour le consommateur et pour répondre aux préoccupations en matière d'autonomie, pour s'attaquer aux problèmes de production et de déploiement des constructeurs automobiles, et pour encourager les fournisseurs d'énergie à construire rapidement les infrastructures. Reconnaissant que les incertitudes sur l'acceptation des consommateurs et le développement de l'infrastructure de ravitaillement peuvent créer des risques significatifs pour les investisseurs, la transition complète de véhicules conventionnels pourrait facilement prendre 35-50 ans.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

Le secteur agricole est une partie importante de l'économie américaine et il émet environ 6 % des émissions totales de gaz à effet de serre des États-Unis, mais les terres américaines (principalement des terres forestières) séquestrent assez de carbone pour compenser 12 % des émissions totales de gaz à effet de serre. Les sources de ces émissions comprennent la consommation de carburant, les engrais qui peut émettre de l'oxyde nitreux et les émissions de méthane provenant du bétail. Les agriculteurs peuvent prendre certaines mesures d'atténuation (*mitigation*) pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et séquestrer du carbone. Par exemple, les agriculteurs peuvent utiliser des bâtiments économes en énergie, des véhicules ou du matériel agricole qui fonctionnent avec des énergies renouvelables plutôt qu'avec des combustibles fossiles. En outre, les agriculteurs peuvent mettre en œuvre des mesures d'atténuation, telles que l'agriculture sans labour et l'agriculture de précision. L'adoption de l'agriculture de précision peut réduire les méfaits sur l'environnement de l'utilisation excessive d'intrants tels que les engrais et les pesticides, ce qui peut réduire les émissions d'oxyde nitreux. Au cours du processus digestif, le bétail émet une quantité considérable de méthane, un gaz à effet de serre ; la réduction de ces émissions est une autre stratégie d'atténuation. Des travaux sont en cours pour modifier le régime alimentaire des bovins et améliorer les pratiques de gestion du fumier, dans un effort pour réduire les émissions de méthane.

L'agriculture des États-Unis a été et continuera d'être affectée par le changement climatique, qui probablement provoquera une augmentation de la température, de l'intensité des précipitations et des événements extrêmes dans certaines régions, et des conditions climatiques extrêmes, comme les sécheresses durables et les vagues de chaleur. Le tableau 1 résume l'impact potentiel du changement climatique sur l'agriculture aux États-Unis.

Impacts prévus du changement climatique sur l'agriculture aux États-Unis

Catégorie	Changements prévus	Exemples d'impacts sur l'agriculture
Température	Augmentation des températures américaines moyennes entre 1,6 °C et 5,5° C d'ici à la fin du siècle.	Pertes de rendement des cultures ; saison de croissance plus longue ; augmentation des besoins d'irrigation dans certaines régions ; augmentation du stress des animaux.
Dioxyde de carbone	Niveau accru de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.	Accroissement de la croissance des plantes pour certaines espèces.
Eau	Changement du rythme, de l'intensité et de la quantité du mélange pluie – neige ; augmentation de la pluie ainsi que des conditions de sécheresse.	Augmentation de l'utilisation de l'eau en raison de températures plus élevées ; moindre croissance et baisse des rendements ; défis pour apporter de l'eau aux cultures au bon moment ; augmentation des inondations et de l'érosion.
Conditions extrêmes	Augmentation des sécheresses et des épisodes de précipitations extrêmes.	Augmentation de l'érosion des sols ; altération de la disponibilité de l'eau ; perte de matière organique dans le sol.
Mauvaises herbes, insectes et maladies	Augmentation des mauvaises herbes, des niveaux des populations d'insectes et des maladies ; changement dans la distribution géographique des parasites.	Changement dans les rendements et la qualité des cultures. Utilisation potentiellement accrue d'herbicides et de pesticides.

Les priorités en matière de changement climatique du gouvernement américain pour l'agriculture comprennent, entre autres choses, une meilleure information des agriculteurs sur les conditions climatiques futures. Ces priorités sont généralement en phase avec les priorités nationales, qui incluent la promotion des actions qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre, la progression de la science du climat, le développement d'outils pour les décideurs et le développement de meilleures projections des conditions climatiques futures. Le gouvernement est engagé dans des efforts de recherche visant à mieux comprendre les impacts du changement climatique sur l'agriculture et à fournir une assistance technique aux agriculteurs. Grâce à l'utilisation des programmes existants de conservation et d'énergie, l'objectif est de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de séquestrer le carbone de sorte qu'il ne soit pas relâché, ou qu'il soit activement retiré de l'atmosphère.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

Les enquêtes nationales de l'opinion publique des États-Unis ont montré un large soutien public pour une variété de mesures visant à accroître l'efficacité énergétique et la diversification de l'approvisionnement énergétique. Des enquêtes montrent qu'environ les trois quarts de la population des États-Unis soutiennent – « fortement » ou « plutôt » – le développement de voitures et des centrales électriques plus économes en carburant, ainsi que d'autres technologies similaires ; encouragent les entreprises à réduire leurs émissions de dioxyde de carbone ; soutiennent le recours croissant à l'énergie éolienne et solaire. Environ 65 % du public soutiennent – « fortement » ou « plutôt » – les actions pour encourager les gens à réduire les émissions de dioxyde de carbone – par exemple en conduisant moins ou en rénovant leur maison. Environ 45 % soutiennent – « fortement » ou « plutôt » – le recours croissant à l'énergie nucléaire, car elle réduit les émissions de gaz à effet de serre.

La recherche montre que les citoyens sont plus enclins à prendre des mesures pour lutter contre le changement climatique s'ils voient les avantages de ces actions pour eux-mêmes et pour la société ; et s'ils ressentent des émotions comme la peur et la colère sur la réalité actuelle et les dangers futurs. Leurs jugements et émotions varient selon qu'ils donnent ou non la priorité à des résultats moraux. Pour cette raison, des messages sur les conséquences du changement climatique doivent être cadrés dans le contexte des valeurs qui sont au cœur des publics particuliers. Fournir seulement des informations aux citoyens sur les dangers du changement climatique est peu propice, en soi, à stimuler une action efficace. Avant que l'information mène à l'action, les citoyens doivent reconnaître une responsabilité personnelle vis-à-vis de ces problèmes et doivent avoir des informations sur les actions spécifiques qu'ils peuvent entreprendre pour lutter contre le changement climatique.

Le gouvernement américain diffuse de tels renseignements utiles aux citoyens par le biais des sites web des agences. Par exemple, un site souligne comment conduire une voiture, éclairer et chauffer sa maison à l'aide d'électricité et jeter les ordures entraîne des émissions de gaz à effet de serre et comment les citoyens peuvent réduire ces émissions grâce à des mesures simples comme le changement de vieux appareils et ampoules avec des produits « ENERGY STAR », la mise hors tension de l'électronique, une moindre consommation d'eau et le recyclage. Ces mesures d'efficacité énergétique dans les maisons et les bâtiments pourraient aider à contrer les effets du changement climatique, car une grande partie de la consommation totale d'énergie des États-Unis se situe dans les maisons et les bâtiments. Cependant, les gens ont tendance à sous-estimer les économies d'énergie en raison d'une perception erronée du prix de l'énergie, d'une information imparfaite sur l'efficacité énergétique et des raisonnements biaisés sur les économies d'énergie. Des voies permettant de contrer les idées fausses des gens seraient : de refléter les coûts sociaux de la consommation d'énergie dans le prix de l'énergie ; de fournir des incitations financières pour réduire l'utilisation d'énergie ; d'améliorer les normes d'efficacité énergétique ; et de fournir une meilleure information sur l'efficacité énergétique. Beaucoup de ces voies sont pratiquées aujourd'hui aux États-Unis.

Finlande

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

Plusieurs politiques visent à accroître l'efficacité énergétique dans les bâtiments en Finlande. Elles comprennent le code de la construction pour les bâtiments neufs et existants ; l'étiquetage énergétique ; un soutien financier pour les sociétés de logement et des ménages ; la R&D&D (recherche, développement et démonstration) ; des informations et des formations ; des taxes sur l'énergie. Ces mesures facilitent également l'innovation grâce à une demande croissante ; par exemple, le renforcement du code de la construction a poussé les entreprises de construction à trouver des moyens commercialement attrayants pour construire des maisons passives.

Plusieurs programmes de R&D&D sur les bâtiments à faible émission de carbone ont vu le jour, parmi lesquels on peut citer quelques exemples intervenus au cours des dernières années :

- FInZEB : construction d'un consensus national avec les parties prenantes sur des maisons proches de l'énergie zéro pour mettre en œuvre la directive sur le performance énergétique des bâtiments dans le contexte finlandais (<http://finzeb.fi/>) ;
- GUGLE : augmentation de la performance énergétique d'un quartier à population vieillissante à proximité du centre-ville de Tampere (<http://eu-gugle.eu/fi/pilot-cities-4/tampere>) ;
- SubUrbanLab : s'engager auprès des résidents pour réduire la consommation d'énergie dans les immeubles d'appartements locatifs (<http://suburbanlab.eu/living-labs>) ;
- Renzero : pilotage de la rénovation énergétique d'une vieille maison unifamiliale (<http://renzero.fi>) ;
- MECOREN : développer des méthodes et des concepts pour la rénovation durable (<http://vtt.fi/sites/mecoren/en>) ;
- FRAME : assurer le contrôle de l'humidité dans les constructions éconergétiques (<http://tut.fi/en/about-tut/departments/civil-engineering/research/structural-engineering/building-physics/frame/index.htm>).

Le forum le plus important pour la vitrine de l'innovation a été la foire annuelle du logement (<http://asuntomessut.fi/en/english-home>), attirant des milliers de visiteurs et obtenant l'attention des médias. Des solutions innovantes démontrées au cours de ce type de foires comprennent :

- des maisons à énergie zéro ;
- un bloc de maisons construites en bois ;
- la récupération de la chaleur perdue des poêles à bois ;
- des matériaux de construction recyclés ;
- des systèmes automatisés de collecte de déchets ;
- la récupération de chaleur à partir des sédiments du lit des lacs ;

- la cogénération (CHP) à partir de biogaz avec des piles à combustible ;
- des systèmes intelligents pour surveiller et gérer la consommation d'énergie.

La Commission pour le Futur a préconisé l'introduction de la facturation nette. Avec la facturation nette, la production d'énergie renouvelable distribuée à petite échelle serait mieux compensée, ce qui encouragerait la transition vers les maisons à énergie zéro, voire même positive.

Un élément clé sur la réduction de l'empreinte carbone de la construction a été l'utilisation accrue du bois. Un programme national a favorisé la construction en bois et une norme a été développée pour les éléments de bois (RunkoPES). Quelques exemples finlandais de la construction en bois peuvent être trouvés sur : <http://woodarchitecture.fi>.

Rudus (<http://rudus.fi>) a développé un béton vert pour lequel il assure pouvoir réduire l'empreinte carbone de 20-50 %. Une innovation intéressante est un robot de tri des déchets de construction par Zen Robotique (<http://zenrobotics.com>).

Il y a bien sûr une activité d'innovation dans des domaines connexes, en particulier l'énergie. Par exemple, un groupe de recherche de l'Université Aalto a obtenu le record du monde de l'efficacité des cellules solaires en silicium noir.

Innovation, transports, mobilité

La Finlande n'a jamais été un pôle majeur de l'industrie automobile. L'innovation a mis l'accent sur d'autres domaines que la technologie des moteurs. Les points forts incluent par exemple les biocarburants avancés et les systèmes de transport intelligents (STI).

La Finlande est le pays du grand producteur mondial de biodiesel à partir de déchets et de résidus, Neste, société majoritairement à capitaux publics (<http://neste.com>). Le « NEXBTL » de cette compagnie est un biodiesel *drop-in* avancé qui peut être utilisé jusqu'à 100% dans les voitures normales diesel sans modification. Neste produit également du carburant renouvelable d'aviation qui a été démontré sur des vols commerciaux de passagers.

Pour ses biocarburants, Neste utilise diverses matières premières, y compris les graisses et les huiles usées. Il y a eu beaucoup de controverse sur l'utilisation de l'huile de palme et d'autres produits dérivés qui contribuent à la disparition des forêts tropicales à travers le « changement d'utilisation indirecte des sols » (*ILUC* en anglais). Neste explore de nouvelles matières premières telles que les algues et les microbes, mais celles-ci restent à des phases pré-commerciales.

Diverses entreprises finlandaises sont impliquées dans le développement de biocarburants à partir de déchets, des sous-produits de l'industrie ou de la biomasse solide. Par exemple, UPM (<http://upmbiofuels.com>) produit du biodiesel à partir d'huile de *tall* (jeune pin) brute, un sous-produit de l'industrie de la pâte. St1 (<http://st1biofuels.com>) utilise différents flux de déchets, y compris les déchets de boulangerie et de la poussière de scie, pour produire du bioéthanol.

Il y a eu de nombreux programmes de R & D sur les transports bas-carbone, les biocarburants et les systèmes de transport intelligents (ITS), et notamment :

- Transeco, quant au développement, la démonstration et la commercialisation de la technologie pour améliorer l'efficacité énergétique et la réduction des émissions dans le transport routier (<http://transeco.fi/en~~number=plural>)

- Liikennelabra : « Transport Lab », démontrant ses solutions en matière de systèmes de transport intelligents (ITS) (<http://liikennelabra.fi>)
- EVE : création d'une communauté de véhicules électriques (EV) et développement d'environnements de test (<http://tekes.fi/en/programmes-and-services/tekes-programmes/eve~~number=plural>)

Les ITS sont réunis au sein d'ITS Finlande (<http://its-finland.fi/index.php/en>). Le Comité a suggéré la mise en place de plateformes régionales d'essais et l'utilisation de la fiscalité pour soutenir ces solutions.

Le pilote le plus renommé internationalement est KutsuPlus (<http://kutsuplus.fi/home>), un hybride entre les transports publics et les taxis. Les utilisateurs enregistrés peuvent héler un bus KutsuPlus mini-ligne et payer 3,5 euros par trajet + 0,45 euros par kilomètre. Le bus prend les passagers depuis l'un des arrêts désignés et les dépose à l'un des mêmes arrêts en utilisant des algorithmes pour combiner les différents itinéraires des passagers.

Un troisième domaine d'activité tourne autour de véhicules électriques. Keliber (<http://keliber.fi/lang/en>) envisage d'ouvrir la plus grande mine de lithium en Europe (<http://europeanbatteries.com>) pour fabriquer des batteries au lithium, si elle peut se remettre de son dépôt de bilan. Diverses entreprises sont impliquées dans la construction de systèmes de tarification intelligente (voir par exemple <http://Ensto>, <http://ensto.com> et Liikennevirta, <http://virta.fi>). Le Comité a souhaité la création de réductions d'impôt pour accélérer l'introduction de véhicules électriques (IVs).

Le rôle des différents combustibles dans les voies de faibles émissions de carbone a été traité par un groupe de travail ministériel sur la propulsion alternative et par le rapport de prospective gouvernementale sur le climat à long terme et la politique énergétique (<http://bit.ly/1NGMuvs>). Une leçon à retenir de ce dernier est que les voies de décarbonisation profonde sont susceptibles de nécessiter l'électrification du parc automobile. Techniquement, les voitures pourraient être alimentés par des biocarburants, mais comme les ressources de la biomasse durable sont limitées, elles doivent être réservées pour des utilisations où aucune des alternatives viables n'existent – en particulier pour le trafic aérien, le transport maritime et le transport routier lourd.

Certains signaux encore faibles indiquent que la Finlande, aussi, pourrait atteindre un pic automobile, à savoir un pic dans l'utilisation des voitures privées. Cependant, il n'y a pas suffisamment de données pour étayer ces allégations. En outre, les tendances sous-jacentes possibles sont assombries par la récession longue et profonde dans l'économie finlandaise.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

Diverses études suggèrent que la réduction des émissions dans l'agriculture peut se révéler difficile et peut-être coûteuse. La plupart des mesures prometteuses et rentables comprennent : la préservation des sols organiques ; la conversion des déchets animaux et végétaux en biogaz ; l'amélioration de la gestion du fumier ; la sélection végétale ; la réduction de l'utilisation d'engrais azotés ; l'accroissement de l'efficacité énergétique ; le remplacement des combustibles fossiles par des énergies renouvelables ; la réduction du gaspillage alimentaire ; et le passage à des régimes alimentaires plus à base de légumes. Le programme sur le climat

pour l'agriculture, coordonné par le ministère de l'Agriculture, répertorie 76 mesures visant à atténuer les changements climatiques ou à s'y adapter.

Il y a beaucoup de travaux de R & D sur le développement des moyens commercialement viables pour produire des engrais à partir du fumier dans un pays relativement peu peuplé comme la Finlande. Par exemple, le projet Palopuro Agroecological Symbiose (<http://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/english>) vise à une production auto-suffisante en énergie et en éléments nutritifs. Sybimar (<http://sybimar.fi/en>) utilise l'écologie industrielle pour combiner l'aquaculture, l'effet de serre, les biocarburants et l'énergie éolienne, en réalisant des boucles fermées. Le Comité a demandé au gouvernement de fixer comme objectif que la Finlande soit le pays leader dans le recyclage des nutriments.

Il y a des travaux en cours dans le développement de nouvelles façons d'augmenter la teneur en carbone des sols agricoles. Humuspehtoori (<http://humuspehtoori.fi>) vend un produit contenant des fibres de bois provenant de l'industrie du papier. Il y a aussi des essais de l'utilisation de carbone du bois dans les sols agricoles, par exemple à la ferme Knehtilä.

Comme les solutions à portée de main sont peu susceptibles de suffire pour atteindre les voies bas-carbone dans le moyen et long terme, des solutions plus innovantes et radicales doivent être explorées. Celles-ci peuvent inclure la recherche de sources alternatives de nourriture, des changements structurels tels que le remplacement de produits d'origine animale par des options à base de légumes dans la production et la consommation, et la modification des plantes et des animaux.

Il y a une recherche académique et industrielle pour trouver les moyens de remplacer le soja dans l'alimentation animale par des protéines produites localement. L'utilisation de lupin bleu et de féverole est étudiée à l'Université d'Helsinki. Une société finlandaise de produits laitiers Valio (<http://valio.com>) développe un procédé de production d'aliment liquide riche en protéines à partir de l'ensilage.

Plusieurs sociétés travaillent sur des alternatives à la viande et aux produits laitiers à base de légumes produits localement. Par exemple, Bioferme (<http://bioferme.fi/en>) utilise l'avoine pour produire des alternatives aux produits laitiers (par exemple le yaourt) et Raisio (<http://raisio.com/en/en~~number=plural>) fabrique des boissons à base d'avoine. Oy Soja Ab (<http://jalotofu.fi>) utilise le chanvre pour remplacer le soja dans le tofu, Verso Food (<http://versofood.fi/en>) fabrique des produits riches en protéines à base de féverole et Palkuainen (<http://tempe.fi>) développe du tempeh à base de pois et le lupin. Entocube (<http://entocube.com>) travaille sur la commercialisation de grillons comme une source de protéines à faible carbone.

Il y a une tradition relativement longue de recherche en Finlande sur l'empreinte carbone de la nourriture, menée par ce qui s'appelle maintenant le Natural Resources Institute Finland (<http://luke.fi/en>). Ces projets ont inclus la recherche sur l'empreinte carbone des différentes denrées alimentaires et des options de repas, ainsi que l'étiquetage de l'empreinte carbone. Raisio a introduit des étiquettes d'empreinte carbone sur certains de ses produits.

Les innovations sociales sur la réduction des déchets alimentaires se propagent d'une municipalité à l'autre, les seniors sont ainsi invités à manger ce qui reste des repas scolaires pour un prix marginal (<http://sitra.fi/en/blog/industrial-symbiosis/sidestreams-food-money>). Les médias sociaux sont également utilisés pour le partage de la nourriture.

Plus précisément, sur la question de la conversion de l'excès d'énergie renouvelable aux carburants, il y a un programme de recherche important concernant la faisabilité de transformer l'électricité en méthane (<http://neocarbonenergy.fi>).

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

Dans la plupart des cas, le rôle de l'information et de l'éducation pour changer le comportement des gens est susceptible d'être limité et temporaire. Cela est d'autant plus vrai que d'autres facteurs vont à l'encontre des objectifs. Par exemple, il est peu utile de lancer une campagne pour inciter les gens à passer de la voiture particulière vers les transports publics si les services de transports publics sont limités, de mauvaise qualité ou coûteux.

Les mesures « douces » peuvent être plus efficaces si elles sont combinées avec d'autres mesures et si elles sont soigneusement conçues. Demos Helsinki (<http://demoshelsinki.fi/en>), un *think tank* finlandais, a travaillé sur les protecteurs des solutions à faible émission de carbone, à savoir les personnes clés qui peuvent influencer les consommateurs pour qu'ils choisissent des options à faible carbone. S'adresser à ces protecteurs – par exemple aux vendeurs d'appareils ménagers en matière d'efficacité énergétique – peut être plus efficace que les campagnes destinées au grand public.

Sur la base de travaux de recherche, nous savons que la communication par les pairs et les modèles tend à avoir un impact significativement plus grand. L'information peut également jouer un rôle plus important si elle implique un élément social. Par exemple, être le premier dans un quartier à installer un panneau solaire peut entraîner un facteur de multiplication, car d'autres personnes peuvent voir la solution de leurs propres yeux.

Une partie du travail pour fournir des informations sur les choix bas-carbone est financé publiquement. Motiva (<http://motiva.fi/en>), une société appartenant à l'État, sert de centre national d'information. Les bureaux régionaux de l'énergie fournissent information et formation localement dans certaines régions, avec des objectifs différents. Toutefois, le financement tend à être rare et basé sur les projets, ce qui réduit l'efficacité et l'impact à long terme des activités.

Il y a différentes façons de faire participer les collectivités et les citoyens aux solutions à bas-carbone. Lumituuli (<http://lumituuli.fi>) est la première société d'énergie éolienne citoyenne en Finlande. Joukon Voima (<http://joukonvoima.fi>) utilise le financement participatif (*crowdfunding*) pour financer des projets d'énergies renouvelables. De nouveaux modèles économiques peuvent également faciliter le changement vers une faible émission de carbone, c'est le cas de financements qui permettent au client de payer l'investissement progressivement, à partir des économies générées.

Le précédent Comité du Futur a travaillé sur deux outils généraux qui peuvent être appliqués également pour lutter contre le changement climatique. Le Comité a commandé un rapport et a réalisé un projet pilote sur le financement participatif (*crowdsourcing*). Les leçons sont très prometteuses, suggérant que le financement participatif peut réussir en impliquant les citoyens et en fournissant de multiples avantages. Le Comité préconise l'édiction de règles transparentes et favorables pour rendre le financement participatif attrayant.

Le Comité a également commandé un rapport sur ce qu'on appelle « kokeiluyhteiskunta » en finnois. Le terme, parfois traduit comme Etat « favorable » ou « expérimentateur », signifie une société ouverte et promouvant activement des projets pilotes et de démonstration comme un moyen de tester des idées et d'apprendre d'eux rapidement.

La production participative et une plus grande utilisation du pilotage peuvent jouer un rôle dans la mobilisation des citoyens face au changement climatique en général et promouvoir l'innovation en matière de faible émission de carbone en particulier. Par exemple, la

production participative peut être utilisée pour fournir des contributions et pour accroître l'acceptabilité de certaines mesures de politique climatique. De même, le pilotage peut être un outil pour tester de nouvelles technologies à faible carbone ou politiques climatiques et acquérir de l'expérience pour les développer avant une extension à plus grande échelle.

Grèce

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

1. Le programme « d'économie d'énergie chez soi »

Ce programme fournit des financements en vue d'encourager les mesures d'économie d'énergie dans le secteur des immeubles résidentiels. Ce programme couvre les vieux bâtiments homologués, qui ont été construits avant l'introduction de la réglementation sur l'isolation thermique, qui sont situés dans des régions avec une certaine gamme de prix et qui sont utilisés comme résidence principale ou secondaire. De plus, les propriétaires doivent avoir un salaire correspondant à certains seuils.

2. Le programme « Exoikonomo (Save) »

L'objectif de ce programme est de mettre en place des actions et des pratiques exemplaires éprouvées afin de réduire la consommation énergétique en zone urbaine. Une attention particulière sera apportée au secteur du bâtiment (bâtiments municipaux) et à la rénovation d'espaces publics. Le secteur du transport (public ou privé) et les infrastructures municipales énergivores seront aussi pris en charge avec la mise en place d'interventions techniques et de certaines actions pour sensibiliser et mobiliser le citoyen, les collectivités locales, les entreprises et les institutions.

3. Le programme « Exoikonomo II (Save II) »

Cette mesure est une continuité du programme « Exoikonomo » et prévoit la rénovation de bâtiments municipaux et d'infrastructures, ainsi qu'une installation d'appareils « intelligents » de mesure d'énergie. Ces appareils permettraient de mesurer sur une base horaire la consommation en énergie afin de pouvoir regrouper de façon judicieuse toutes les informations nécessaires concernant la consommation des industries, des commerces et des consommateurs. Ceci participerait à mettre en place des mesures financières et incitatives, en vue de promouvoir une vision plus rationnelle de notre consommation énergétique.

Innovation, transports, mobilité

Réduire l'empreinte écologique du secteur de la demande peut être réalisé en se concentrant sur le domaine du transport. Par exemple en favorisant les navires GNL en mer, les trains et les camions, en utilisant les positions géographiquement stratégiques des terminaux GNL existant sur l'île de Revithoussa. Les initiatives stratégiques de l'UE comme le projet « Corridor bleu » devrait contribuer à la promotion de telles initiatives grecques. Nous prônons aussi l'utilisation de voitures et de bus électriques ou fonctionnant au gaz naturel, tout comme l'électrification des axes ferroviaires et du réseau du transport public, ainsi que l'utilisation d'appareils de mesure et d'un réseau électrique «intelligents».

La politique de remplacement des vieux véhicules vise à remplacer les véhicules de tourisme EURO III par de nouveaux véhicules homologués EURO V par le biais d'une exonération fiscale, partielle ou totale, de la taxe d'immatriculation des véhicules de tourisme.

L'agrandissement du métro d'Athènes et le projet de développement du métro de Thessaloniki a pour objectif d'augmenter l'utilisation des transports en commun dans ces villes, ce qui devrait réduire l'utilisation privée de voitures et faire des économies d'énergie considérables.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

L'attrait de compagnies internationales de premier rang sur le sol grec, peut permettre d'assurer une exploration et une extraction d'hydrocarbures de façon sûre, en coopération étroite avec des entreprises grecques et maximisera les profits dus aux explorations des ressources naturelles nationales. La façon la plus efficace pour y arriver - dans ce marché international fortement concurrentiel de l'hydrocarbure - est de mettre en place un cadre réglementaire stable et propice au monde des affaires en Grèce. Par ailleurs, cela demanderait d'organiser une campagne dynamique et précise d'information pour les compagnies internationales, en parallèle d'une initiative pour informer la société grecque d'un programme réalisable et des réelles opportunités pour notre pays dans ce secteur.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

La participation des citoyens dans les décisions administratives concernant la protection de l'environnement trouve sa légitimité dans : (a) une démocratie accomplie, (b) les droits sociaux de l'individu, de l'environnement et donc de sa protection, (c) le besoin croissant d'un meilleur équilibre entre les pouvoirs publics et la société civile, pour en faire une dynamique permettant d'absorber les chocs (d) à l'article 24, paragraphes 1 et 2 ainsi qu'à l'article 25 paragraphe 1 de la Constitution de 1975. Cependant, aucune mesure concernant l'engagement des citoyens n'a été prise jusqu'à présent.

Conclusion

La Grèce a besoin d'un cadre réglementaire moderne pour les activités des Sociétés de Services Energétiques (SSE) ainsi que pour le développement de projets concernant l'économie d'énergie et l'efficacité énergétique. Des interventions législatives ciblées peuvent lever certains obstacles tels que : l'absence d'un cadre spécifique lié aux échanges en énergie thermique, ainsi qu'à une gestion active des sources d'énergies renouvelables ; l'absence d'incitations pour améliorer le rendement énergétique de certaines installations dans le secteur privé, et l'absence d'un marché équilibré du gaz et de l'électricité. La question des outils financiers comme les obligations « vertes » faites par les autorités locales (fondées sur le modèle américain PACE) pourraient être très utiles en la matière ainsi que la fourniture de garanties de la part des institutions européennes.

Cet objectif doit être considéré comme une des priorités majeures de la Grèce. Aujourd'hui, le marché de l'énergie grec souffre d'un manque d'aide publique suffisante et n'est pas dans les conditions adéquates pour développer un environnement compétitif. Le gouvernement grec peut promouvoir des réformes structurelles du marché de l'énergie. Par exemple, nous pensons à une application plus large du concept de la « sélection de clients » pour les gaz naturels, à une modification du contrat d'appel d'offre pour les gaz naturels entrepris par la Compagnie de Gaz Publique Grecque (DEPA), à l'élaboration de règles autorisant les échanges commerciaux de quantités importantes de gaz naturel liquéfié (GNL) en réservoirs, à la libéralisation de contrats bilatéraux pour l'approvisionnement en électricité, à l'accès par des tiers aux gisements de lignite et à la possibilité d'utiliser des infrastructures facilitant le commerce d'énergies renouvelables.

La réglementation hellénique des énergies renouvelables devrait être harmonisée avec celle visée par l'UE pour 2030, et devrait utiliser plus particulièrement les mécanismes de coopération énoncés par la directive européenne 2009/29/EU, prônant l'utilisation des sources d'énergies renouvelables ainsi que les transactions transfrontières. En particulier, le gouvernement grec peut promouvoir un nouveau modèle concurrentiel fondé sur les mécanismes de marché et motivé par des objectifs fixés avec prudence et s'appuyant sur des technologies et certaines zones géographiques. Le modèle de marketing direct, actuellement utilisé en Allemagne, pourrait servir d'exemple. Un tel modèle pourrait considérablement réduire le fardeau financier actuel de l'économie grecque.

Norvège

Contexte: L'accord norvégien sur le climat

Le pétrole et le gaz sont les produits les plus exportés et le moteur économique de la Norvège. C'est aussi ce secteur qui émet le plus de gaz polluants. Le gouvernement norvégien a donc fixé la transition verte comme priorité afin de promouvoir une économie et un environnement durables.

La politique climatique norvégienne est fondée sur un large accord politique obtenu en 2012. En plus de l'objectif principal de réduction des émissions, l'accord décrit une série de mesures qui seront mises en œuvre en Norvège. Cela comprend :

- la suppression progressive du chauffage par énergies fossiles ;
- des normes plus strictes pour le secteur du bâtiment ;
- une contribution au développement des biogaz en Norvège ;
- l'utilisation des taxes automobiles pour obtenir une flotte plus respectueuse de l'environnement et du climat ;
- le renforcement du rôle du rail dans le système de transports.¹

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

L'énergie utilisée dans les foyers privés s'est stabilisée autour de 44-46 Twh dans le milieu des années 1990, après une période de croissance de 2% par an à partir des années 1970.² Cependant, les décideurs politiques considèrent qu'une réduction de 1,4-3 Twh dans ce secteur est réaliste.³

Les foyers norvégiens sont en grande partie chauffés par l'utilisation d'électricité ce qui correspond à environ 70% de la dépense énergétique. Cependant, il faut signaler que puisque l'électricité du réseau électrique norvégien vient de l'énergie hydroélectrique, la quantité de gaz à effet de serre émise est relativement faible.

En 2012 le gouvernement norvégien a proposé trois objectifs pour l'utilisation d'énergies durables dans les bâtiments :

- la consommation d'énergie devrait être considérablement réduite d'ici 2020 ;
- les réglementations devraient assurer que les nouveaux bâtiments soient construits de manière à ce qu'ils nécessitent moins d'énergie que les seuils prévus par la loi ;

¹ <https://www.regjeringen.no/en/topics/climate-and-environment/climate/innsiktsartikler-klima/agreement-on-climate-policy/id2076645/>

² Norwegian Water Resources and Energy Directorate (2011).

³ Meld. St. 28 (2011–2012) Gode bygg for eit betre samfunn, white paper on buildings for a better future, p 76.

- L'information et des dispositifs de soutien devraient aider à rendre les bâtiments existants plus efficaces en énergie.⁴

1. Une entreprise publique pour l'énergie verte

Enova est une entreprise publique appartenant au Ministère du Pétrole et de l'Énergie, créée en 2001 dans le but de faire avancer le passage à une consommation et une production d'énergie plus respectueuse de l'environnement en Norvège. Pour atteindre cet objectif, Enova travaille de près avec des entreprises publiques et privées pour réduire la consommation d'énergie et, dans le même temps, augmenter la production d'énergie issue de sources renouvelables.

Selon son rapport annuel, en 2014, Enova a rejoint 1400 nouveaux projets dans les secteurs privé et public et a soutenu 4500 nouvelles mesures énergétiques dans les bâtiments résidentiels. Ce fut la première année où elle a accordé plus de soutien au développement de l'innovation et la technologie qu'à la diffusion de technologies connues des marchés. Cela est un changement intéressant à la lumière des défis énergétique et climatique auxquels nous faisons face. Nous ne pouvons pas répondre à ces défis sans le développement de l'innovation et de la technologie.

Enova fournit des financements pour des projets qui mènent à une consommation d'énergies renouvelables plus importante. Par exemple, un projet soutenu par Enova est l'installation par Statkraft Varme's d'une ligne de chauffage de quartier entre deux voisinages dans la municipalité de Trondheim. Pendant la période 2009-2014, le projet a reçu un soutien de 19,1 millions de couronnes norvégiennes. Le chauffage renouvelable est l'un des marchés dans lequel ENOVA est engagé car il présente le potentiel d'être une forme d'énergie plus fiable et plus durable pour l'avenir.⁵

2. Maisons passives et zéro émission

En 2015 et 2020 la réglementation norvégienne sur l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments deviendra plus stricte. La réglementation de 2015 est relative aux maisons passives alors que celle de 2020 visera zéro émission. Les acteurs concernés du secteur de la construction ont été informés des changements quelques années en avance afin de donner à l'industrie de la construction assez de temps pour s'adapter et qu'elle soit encouragée à innover avant que la réglementation ne rentre en vigueur.

De plus, l'accord politique relatif à la politique climatique dit que le chauffage par combustibles fossiles doit être interdit d'ici 2020. En plus de réduire les gaz à effet de serre, la pollution locale sera réduite et le risque de fuites éliminé. Les biocombustibles resteront disponibles comme alternative aux combustibles fossiles.

En juillet 2010, de nouvelles réglementations ont été introduites en Norvège. Elles comprennent des exigences en matière d'efficacité énergétique dans les bâtiments (Tek 10).⁶ Elles fixent les exigences minimales que doivent remplir les bâtiments en termes d'utilisation des matériaux et des alternatives pour le chauffage. Par exemple, Tek 10 dit que plus de 60% du chauffage des bâtiments de plus de 500 m² doivent provenir d'autres sources que de

⁴ Meld. St. 28 (2011–2012) Gode bygg for eit betre samfunn, white paper on buildings for a better future, p 73.

⁵ ENOVA (2015), pp. 60–73.

⁶ <http://www.innovabygg.no/energi-og-varme/tek-10>

l'action directe de l'électricité ou de combustibles fossiles. Pour les bâtiments plus petits, la limite est fixée à 40%.

Innovation, transports, mobilité

Au cours de ces 15 dernières années, le Conseil norvégien de la Technologie (Norwegian Board of Technology, NBT) a conduit différents projets qui sont soit directement soit indirectement liés à un trafic routier plus propre et plus vert. L'hydrogène et les biocarburants ont été discutés. Bien que ces derniers aient des potentiels intéressants, le NBT a affirmé en 2009 que les véhicules électriques et les voitures hybrides étaient les technologies les plus prometteuses et qu'elles devraient être rendues disponibles le plus largement possible. Cela a été suggéré comme une partie du projet pour réduire les émissions de CO₂ combinées de la Norvège d'ici 2020.⁷

1. La Norvège comme un marché précoce pour les véhicules électriques

Dans le but d'atteindre l'objectif de réduire les émissions de CO₂ dans le secteur des transports, le gouvernement a mis en œuvre d'importantes réductions d'impôts et des avantages pour encourager les consommateurs à choisir des voitures électriques (EVs) plutôt que d'utiliser des carburants fossiles. En plus de rajouter une taxe carbone dans la TVA relative aux voitures, cela rend moins cher l'achat de voitures qui produisent moins d'émissions. Le Conseil norvégien pour la Technologie a suggéré cette solution depuis 2006. Des mesures additionnelles fiscales et non fiscales ont été mises en place spécifiquement pour les voitures électriques :

- politique de TVA nulle pour l'achat de voitures électriques ;
- des taxes annuelles sur les voitures sévèrement réduites (435 NOK par an par rapport aux taux normaux allant de 3060 à 3565 NOK)⁸ ;
- pas de frais sur les routes à péages ;
- parking public gratuit ;
- utilisation gratuite des ferries ;
- chargement gratuit à des stations de recharge publiques ;
- accès aux couloirs de bus.

Les conditions favorables pour les voitures électriques ont fait de la Norvège un des plus grands marchés mondiaux pour les voitures électriques, le deuxième après la Californie, et la Norvège est maintenant dans une position favorable pour tester et développer de nouvelles technologies et de nouvelles solutions pour une conduite plus verte.

Pour l'instant les incitations ont eu un fort impact pour amener les Norvégiens à acheter des voitures électriques et elles seront peut-être même victimes de leur succès. Les mesures ont été établies pour durer jusqu'en 2017 ou jusqu'à la vente de 50000 voitures électriques au total. Pendant les premiers mois de 2015 les voitures électriques représentaient 19% de toutes

⁷ Norwegian Board of Technology (2009).

⁸ Meld. St. (2014–2015): p. 78–79.

les nouvelles voitures vendues et l'objectif de 50000 ventes a été atteint en avril 2015. Cela a mené à un débat public sur les avantages donnés aux voitures électriques. Par exemple, le nombre élevé de voitures électriques dans la région d'Oslo a encombré les couloirs de bus pendant les heures de pointe, et sur certains ferries 20 à 25% des voitures sont des voitures électriques voyageant gratuitement. Malgré tout le programme a été prolongé jusqu'en 2017.⁹

2. « Les villes du futur »: Vers zéro émission

En 2012, le gouvernement norvégien a dit que la croissance du transport de passagers dans les zones urbaines devrait être absorbée par les transports publics, le vélo et la marche.¹⁰ Cela a été appelé « l'objectif de croissance zéro » et cadre le débat sur l'innovation dans ce secteur.

Pour atteindre cela, un nombre croissant de bus en zones urbaines roulent avec des carburants non fossiles. Ruter, la société d'administration pour les transports publics à Oslo et ses environs, met en circulation des bus qui roulent à l'hydrogène, aux biocarburants et au bioéthanol. Le but est d'utiliser uniquement des sources renouvelables d'ici 2020. Jusqu'à présent, les biocarburants ont été préférés car ils réduisent significativement les émissions et peuvent être utilisés sur des machines diesel ajustées.

Le programme les « villes du futur » est une collaboration entre l'Etat et 13 villes principales norvégiennes. Le programme facilite l'option marche ou vélo, une alternative à d'autres formes de transport. Certaines des mesures sont :

- les programmes de récompense pour l'augmentation des transports publics et une baisse du trafic routier ;
- un nombre plus important de stations de recharge pour les voitures électriques ;
- des meilleures installations pour le vélo.

Le programme comprend une option pour l'Etat et les différentes villes de s'engager sur des accords environnementaux holistiques. Ces accords doivent contenir des objectifs concrets pour réduire l'utilisation de la voiture et renforcer les transports respectueux de l'environnement.¹¹

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

1. Tracer l'empreinte carbone

⁹ Meld. St. (2014–2015): p. 92.

http://www.statsbudsjettet.no/upload/Revidert_2015/dokumenter/pdf/stm2_2015.pdf

¹⁰ Meld. ST. 21 (2011-2012): pp. 9–10.

¹¹ <https://www.regjeringen.no/no/tema/kommuner-og-regioner/by--og-stedsutvikling/framtidensbyer/test-artikkel/id547993/>

En 2008, le Conseil norvégien pour la Technologie a publié un rapport sur l'alimentation et le climat qui identifiait le double défi de créer une offre stable de nourriture alors que les émissions de gaz doivent être réduites.

Le NBT a suggéré d'introduire « l'empreinte carbone » comme une méthodologie commune pour calculer et documenter l'impact à différentes étapes. De plus, il a souligné le besoin d'avoir une méthode commune internationale qui puisse fournir l'empreinte carbone pour l'ensemble du cycle de vie d'un produit.¹²

S'il est mis en œuvre, un label carbone destiné aux consommateurs peut avoir trois fonctions:

- donner aux autorités des outils pour cartographier les émissions dans le temps ;
- fournir un guide au secteur de l'alimentation pour réduire les coûts ;
- informer les consommateurs sur les émissions carbone des produits qu'ils achètent.

Un standard pour l'empreinte carbone des fruits de mer a été lancé en 2013 par Standards Norway, organisme de standardisation. Comme de plus en plus d'acteurs du marché ainsi que les consommateurs demandent de la documentation relative à l'empreinte carbone, ce standard donne un avantage à des produits respectueux de l'environnement.¹³

2. Une stratégie nationale pour la bioéconomie

Le gouvernement norvégien est en train d'initier un groupe de travail qui développe une stratégie nationale pour la bioéconomie qui devrait être présentée à la fin 2015. Le but de cette nouvelle stratégie est de faciliter le « tournant vert » pour rendre la Norvège moins dépendante à la production et la consommation de carburants fossiles, ainsi que de rendre les entreprises vertes plus innovantes.

La bioéconomie est une économie circulaire ce qui signifie qu'un sous-produit d'un cycle de valeur est une matière première pour un autre cycle de valeur. L'économie est basée sur le potentiel de transformer la biomasse, entre autres, en nourriture, carburants, produits chimiques et matériaux.

Le Conseil de Recherche de Norvège a initié un programme en 2012, BIONÆR, qui se focalise sur le développement plus poussé de la bioéconomie en Norvège. C'est le programme le plus spécialisé pour le développement de la bioéconomie norvégienne et il a soutenu plus de 330 projets. Parmi eux il y a « la création d'une trajectoire durable pour des chaînes de valeur innovantes pour des produits de déchets organiques », un programme de recherche pluridisciplinaire sur la transition vers la bioéconomie.¹⁴

De plus, un nouvel Institut Norvégien de la Recherche en Bioéconomie (NIBIO) a été créé en août 2015.¹⁵ NIBIO sera une agence ministérielle avec des pouvoirs séparés et une direction indépendante. Avec plus de 650 employés à plein temps, c'est maintenant l'une des plus grandes institutions de recherche en Norvège.

¹² Norwegian Board of Technology (2008b).

¹³ Standards Norway (2014):*Årsrapport 2013*.

¹⁴ <https://www.forskningsradet.no/prosjektbanken/#!/project/244249/no>

¹⁵ <https://www.regjeringen.no/en/aktuelt/Norwegian-Institute-of-Bioeconomy-Research-has-been-established/id2426068/>

3. Le potentiel des océans

L'eau salée couvre 70% de la surface de la terre. 50% de la production biologique a lieu dans l'eau salée, mais sans aucune culture comme il y a en agriculture. Cependant, seulement 2% de l'ensemble de la nourriture prise par l'homme proviennent des océans, les parties les plus productives sont les zones peu profondes des côtes et la région des fjords.

La Norvège a été le premier pays à commencer la pisciculture en eau salée. Après environ 45 ans de croissance, elle a une position mondiale de premier plan. Le potentiel de croissance de la Norvège ainsi que celui d'autres nations est très élevé et cela sera l'un des futurs systèmes de production de nourriture faible en émissions. Cependant, pour obtenir ce nombre plus important de ressources, les fjords et les zones côtières doivent être utilisés.

Ocean Forest est un exemple d'entreprise norvégienne qui se focalise dans la recherche de moyens de production de biomasse et de bioénergie durable le long des côtes norvégiennes. Fondée en partie par l'organisation environnementale Bellona, elle a pour objectif principal de combattre le changement climatique. Il s'agit notamment de trouver des méthodes de production qui éliminent plus de CO₂ qu'elles n'en émettent. L'idée est d'utiliser les algues, l'eau salée et le CO₂ pour produire de la nourriture et des carburants. L'entreprise a pour but de commercialiser ses solutions dans les cinq ans qui suivent son démarrage.¹⁶

¹⁶ <http://bellona.no/prosjekter/ocean-forest>

Pays-Bas

Introduction

Le changement climatique suscite des opportunités pour l'innovation et ouvre des portes pour de nouvelles entreprises.

Les entrepreneurs cherchent des nouvelles techniques pour vivre, consommer et transporter les personnes d'une manière moins nuisible pour le climat que les moyens conventionnels. L'innovation peut contribuer soit à atténuer soit à s'adapter aux conséquences du changement climatique. Les innovations qui se concentrent sur l'atténuation réduisent l'ampleur du changement climatique en soi (comme la géo-ingénierie ou des mesures qui réduisent directement les émissions de dioxyde de carbone). Les innovations qui se concentrent sur l'adaptation limitent la vulnérabilité de la société face aux impacts du changement climatique et rendent la société plus solide face au changement climatique (comme par exemple des modes de vie durables et la protection contre les inondations).

Les initiatives politiques et les tendances sociétales

L'énergie durable est évidemment l'un des domaines dans lequel les innovations relatives au changement climatique ont lieu. La plupart des innovations mènent à l'atténuation puisqu'elles visent à moins d'émissions de dioxyde de carbone. Les chiffres provenant du secteur de l'énergie, qui est présenté comme principal et est un des secteurs dans lequel les Pays-Bas excellent mondialement et qui est considéré comme une priorité par le gouvernement, montrent que la plus grande partie des ressources financières disponibles de ce secteur a été investie dans la bioéconomie. (ECN, 2014). Dans le même temps, le nombre de brevets relatifs à des technologies pour l'énergie durable a considérablement augmenté, en particulier les brevets pour l'énergie solaire, la biomasse et l'énergie éolienne. Néanmoins, de manière générale, les dépenses publiques pour l'innovation dans les technologies relatives à l'énergie ont diminué depuis 2010.

L'eau, l'agroalimentaire et la logistique sont des exemples d'autres domaines dans lesquels on trouve de l'innovation en ce qui concerne l'adaptation et l'atténuation des conséquences du changement climatique. Par exemple, l'innovation dans la gestion de l'eau mène principalement à l'adaptation. Le programme néerlandais Delta est l'un des exemples mondiaux les plus connus ; il a pour objectif de protéger contre les inondations et de garantir les ressources en eau douce. Ce programme vise à rendre le pays « résistant au climat » conjointement avec le programme Connaissance pour le Climat (Knowledge for Climate) qui est établi pour renforcer la création commune entre universités, instituts de recherche et

gouvernement pour rendre les Pays-Bas plus solides face au changement climatique¹⁷.

Les défis

En 2013, le Ministère norvégien de l'Infrastructure et l'Environnement a publié son agenda climat (Ministry of Infrastructure and the Environment, 2013) qui dresse une approche qui combine l'adaptation et l'atténuation. L'agenda climat souligne l'importance de stimuler de manière plus poussée les opportunités d'innovation en créant les conditions nécessaires pour l'innovation et en éliminant les obstacles non financiers.

Les défis du gouvernement néerlandais en ce qui concerne l'adaptation et l'atténuation sont les suivants : créer des secteurs primordiaux solides (comme la nature, l'énergie, les TIC, les transports et la santé publique) ; étendre les mesure pour atteindre l'atténuation (comme renforcer le système d'échange d'émissions de l'Union européenne et les normes relatives au dioxyde de carbone) ; faciliter les énergies renouvelables et les économies d'énergie (comme dans les transports et dans le stockage de l'énergie) ; stimuler la mobilité durable (par le développement des voitures neutres en carbone) ; approfondir le développement d'une économie circulaire et une utilisation durable des matières premières ; et stimuler des innovations agroalimentaires durables (Ministry of Infrastructure and Environment, 2013).

Les projets actuels d'assistance technique (projets d'évaluation technologique)

L'Institut Rathenau conduit des recherches sur les effets sociaux et politiques des nouvelles technologies. En ce qui concerne les technologies qui contribuent à l'adaptation ou l'atténuation des conséquences du changement climatique, l'Institut Rathenau conduit actuellement les projets suivants :

1. L'innovation pour l'efficacité énergétique des bâtiments

Construire des maisons efficacement, par l'utilisation durable des ressources ou en construisant des maisons d'une manière à ce qu'y vivre requiert moins d'énergie, sont des exemples d'innovations qui contribuent à réduire la demande d'énergie. Les réseaux intelligents permettent, par exemple, une alimentation des maisons en énergie intelligente et améliore l'habitation durable. Un des exemples d'une telle initiative dans les Pays-Bas est le projet Stroomversnelling, une initiative de Platform 31 (une plateforme pour l'aménagement des espaces et des villes). Le projet Stroomversnelling a pour objectif de construire un total de 111 000 maisons neutres en carbone sans changer les dépenses relatives au logement de ses occupants. Quatre agences de construction et six sociétés de logement se sont mises d'accord pour construire les premières 11 000 maisons durant les prochaines années.

¹⁷ En 2013, l'Institut Rathenau a publié un rapport (<http://www.rathenau.nl/publicaties/publicatie/kenniscopproductie-voor-de-grote-maatschappelijke-vraagstukken.html>) sur la co-création de connaissances sur les changements sociétaux. Le programme Connaissance pour le Climat (Knowledge for Climate) est vu comme un bon exemple de co-création dans lequel la société et la science travaillent ensemble pour définir un futur agenda de recherches (Boon and Horlings, 2013).

En plus de construire des maisons et bâtiments efficaces en énergie, l'utilisation de matériaux durables et le recyclage de déchets ménagers contribuent aussi à des modes de vie durables. Stimuler et faciliter une économie circulaire et l'utilisation de matériaux durables (pas seulement au niveau des consommateurs mais aussi aux niveaux géopolitique et national) sont des sujets traités dans le rapport Rathenau « Resource Hunger » (<http://www.rathenau.nl/publicaties/publicatie/sustainable-alleviation-of-resource-hunger-management-summary.html>) (Krom & Van Waes, 2014). L'Institut Rathenau analyse les stratégies (géopolitiques) qui sont à la disposition des Pays-Bas et de l'Union européenne pour sécuriser des ressources essentielles d'une manière durable. Une transition vers une économie circulaire peut y jouer un rôle important, à condition que le recyclage de matières premières soit rendu économiquement viable et que les ressources qui auront encore besoin d'être importées comme apport pour l'économie circulaire respectent au moins un minimum d'exigences de durabilité (Krom & Van Waes, 2014).

2. L'innovation pour les transports et les mobilités

En septembre 2013, plus de 40 organisations (des pouvoirs exécutifs – au niveau national et régional –, des organisations syndicales, des organisations non gouvernementales et des organisations financières) se sont engagées en faveur de l'Accord national sur l'Énergie pour une Croissance Durable ('Energieakkoord') (SER, 2013). L'essence de cet accord est que les actions visées doivent mener à une offre en énergie durable et abordable, à l'emploi et à l'innovation dans les technologies relatives à la durabilité. La mobilité intelligente et le transport intelligent sont des points centraux.

Un projet de l'Institut Rathenau de 2015 s'est concentré sur la mobilité intelligente et les voitures autonomes (<http://www.rathenau.nl/publicaties/publicatie/converging-roads.html>) (Timmer et al. 2015). Les voitures sans conducteur sont considérées par le gouvernement néerlandais comme un moyen de réduire les congestions et d'améliorer les flux de trafic, de réduire la consommation de carburant et d'améliorer la sécurité routière. Les Pays-Bas veulent participer activement au développement des voitures autonomes (Parliamentary Documents II, 2013/14, 31305, No. 210), par exemple en autorisant les tests et les expérimentations avec des réglementations plus flexibles. Les entreprises néerlandaises jouent un rôle important comme fournisseurs de systèmes et de composants pour l'industrie automobile, et le pays est aussi fort dans les technologies de communication et les systèmes de gestion du trafic intelligents. En plus de réduire les coûts environnementaux et les coûts liés aux congestions, développer les voitures sans conducteur peut être un stimulateur important pour le secteur de la mobilité aux Pays-Bas et dans l'Union européenne.

Les Pays-Bas ont mis l'accent sur l'amélioration de la communication entre les voitures et entre les voitures et les infrastructures routières. L'objectif final est d'avoir une voiture autonome qui se connecte facilement à un peloton de voitures sur une autoroute et qui réponde aux alertes transmises par des infrastructures intelligentes, par exemple sur le verglas, le brouillard ou des obstacles inattendus. Cette approche dépend fortement d'une coopération et d'investissements des secteurs privé et public.

Mais maintenant les voitures autonomes sont aussi développées dans la Silicon Valley. Ces véhicules innovants ont aussi suscité de l'intérêt aux Pays-Bas. Mais le projet de Rathenau a trouvé que leurs avancées rapides risquent d'interférer avec l'approche néerlandaise. Ces voitures robotisées autonomes ont des capteurs embarqués qui permettent de les guider en sécurité. Mais ces voitures ne communiquent pas entre elles ou avec les infrastructures routières, et ne sont donc pas équipées pour un peloton routier. Et c'est justement le peloton

qui apporte le plus de bénéfices pour une conduite efficace, par exemple en ce qui concerne les économies d'énergie et la réduction des congestions.

Les voitures robotisées sont intéressantes pour l'industrie automobile car elles peuvent fonctionner indépendamment des autres voitures et d'infrastructures routières particulières. Il y a un risque que le secteur privé se concentre sur le développement de voitures robotisées autonomes aux dépens de systèmes coopératifs comme ceux qui sont développés par les Pays-Bas.

L'institut Rathenau considère que le développement efficace des voitures autonomes requiert la convergence de deux approches – autonome et coopérative. Afin de profiter des avantages techniques des deux approches et pour atteindre les objectifs publics en matière de sécurité routière, de flux de trafic et d'environnement, il est important que la voiture robotisée soit compatible avec des systèmes coopératifs. Cela signifie qu'elle doit être capable de se connecter à d'autres voitures et à des systèmes de gestion du trafic. Le gouvernement néerlandais peut y jouer un rôle en imposant des exigences pour la communication entre véhicules et en influençant les standards internationaux.

Un autre projet actuel de l'Institut Rathenau se concentre sur la gouvernance des villes intelligentes. Non seulement la mobilité et les transports, mais aussi les plateformes digitales, les solutions TIC intelligentes, les robots et l'Internet des choses posent des défis à la gouvernance des villes.

L'un des nouveaux projets de l'Institut Rathenau (2015-2016) va se concentrer sur la gouvernance des villes intelligentes. Des citoyens et des entreprises du monde entier participent à la mise en place de plateformes digitales pour partager des biens et des services. Des exemples connus sont Airbnb (logement) et Ueber (mobilité). Ces plateformes ont un fort potentiel pour changer la manière d'utiliser des biens et la manière dont est organisée la livraison de services, impliquant une nouvelle dynamique entre décideurs politiques, citoyens et entreprises. Dans la même optique, des villes à travers le monde ont formulé des ambitions pour devenir des villes « intelligentes » voulant récolter tout le potentiel de l'Internet des choses, dans lequel tout est connecté à tout et tout le monde. Des applications potentielles incluent l'organisation même du gouvernement et l'emploi de la technologie intelligente pour gouverner la ville et pour organiser la livraison de services publics. Là aussi l'utilisation d'applications TIC intelligentes ont le potentiel de changer radicalement la manière dont sont organisées nos institutions. Cela pose la question, par exemple, de savoir si les pouvoirs publics locaux sont prêts à laisser les citoyens et les entreprises prendre en main des parties qui étaient avant considérées comme des tâches gouvernementales.

L'un des points centraux de ce nouveau projet de l'Institut Rathenau sera d'examiner – à travers des études de cas¹⁸ - la signification sociale et la portée des développements pour rendre les villes intelligentes. Une attention particulière sera portée aux éléments suivants : (a) cartographier ceux qui (ne) sont (pas) impliqués dans des initiatives spécifiques, (b) voir dans quelle mesure ces initiatives (pourraient) changer la relation entre les décideurs politiques, les villes et les entreprises, et (c) quelles structures de gouvernance sont nécessaires pour sauvegarder des valeurs primordiales de la société comme la prise de décision démocratique, la transparence, l'intégration, la durabilité, le bien-être et l'habitabilité des villes.

¹⁸ Les études de cas vont se concentrer sur l'énergie, la mobilité, les ressources et l'économie circulaire, l'économie de partage et la livraison de services publics.

Reconnaissant que les initiatives de villes intelligentes sont souvent initiées par les pouvoirs publics locaux (confrontés à d'importants défis sociaux) et les entreprises (développant des options techniques pour répondre à ces défis), l'Institut Rathenau va clairement répertorier les manières selon lesquelles les citoyens sont impliqués et peuvent être impliqués dans des initiatives concrètes de ville intelligente. Ainsi, l'objectif du projet est d'inclure les contributions des citoyens d'une manière à soutenir le fait que les villes intelligentes soient aussi des villes habitables, par exemple des endroits où les citoyens seront en mesure de mener une bonne vie, profiter d'un haut niveau de bien-être, et garderont une voix importante dans la gouvernance de la ville.

3. L'innovation pour nourrir le monde avec un minimum de gaz à effet de serre

Afin de pouvoir nourrir la population mondiale qui croît rapidement d'une manière écologiquement durable, respectueuse des animaux et viable économiquement, l'agriculture d'aujourd'hui utilise, toujours plus, toute sorte de technologies intelligentes. Les exploitations agricoles actuelles deviennent de plus en plus des composantes de « l'Internet des choses ». En utilisant des drones, des caméras intelligentes, des fertilisateurs innovants et des systèmes d'alimentation portables ainsi que des modèles informatiques sophistiqués, les conditions pour la production végétale et l'élevage animal peuvent être gérées, analysées et optimisées. En assistant ou même en remplaçant l'observation humaine par la gestion et l'analyse électronique, la production agricole peut devenir plus puissante, écologiquement durable et respectueuse des animaux. Du moins ce sont les promesses de l'agriculture intelligente.

Dans une étude exploratoire sur l'agriculture intelligente, l'Institut Rathenau a étudié dans quelle mesure les agriculteurs actuels aux Pays-Bas intégraient les technologies intelligentes dans leurs pratiques quotidiennes (Bos, 2015). Bien que le concept d'agriculture intelligente soit attrayant, la pratique de l'agriculture intelligente est multiforme. La manière dont sont mises en place les technologies intelligentes dans les pratiques agricoles dépend fortement de la finalité précise et du contexte. Cependant, ces problématiques peuvent être représentées comme méritant plus d'attention et de recherche : dans quelle mesure est-il possible de remplacer l'observation humaine par la gestion et l'analyse électroniques (par exemple, en ce qui concerne le traitement des animaux et les autres questions relatives au bien-être des animaux) ? Dans quelle mesure une large mise en œuvre de technologies intelligentes pourrait promouvoir une industrie à grande échelle comme l'agriculture ? Dans quelle mesure une large mise en œuvre de technologies intelligentes transformerait les agriculteurs en gestionnaires de données, perdant toutes les connotations de l'agriculture comme une pratique « naturelle » ?

L'Institut Rathenau continuera ses recherches sur l'agriculture intelligente pendant les prochaines années.

4. L'implication des citoyens dans l'utilisation des technologies intelligentes

Dans l'avenir, il est prévu que le système de mobilité et nos comportements vis-à-vis de la mobilité changent radicalement. Plus il y aura de véhicules et de routes équipées de technologies intelligentes, plus le flux de données qu'ils échangeront sera important. Les données peuvent être utilisées pour de nouvelles applications et de nouveaux modèles de revenus, mais cela pose aussi des questions en ce qui concerne la confidentialité, la propriété et la réutilisation. Qu'est-ce que les constructeurs automobiles devraient être autorisés à faire avec ces données ? Et les compagnies d'assurance ? Et les autorités devraient-elles être autorisées à utiliser ces données dans des enquêtes ?

Bien que des discussions publiques sur ce que l'utilisation possible des données digitales générées par les technologies intelligentes ne fassent que commencer, l'Institut Rathenau a conclu dans son projet sur les « voitures intelligentes » (<http://www.rathenau.nl/publicaties/publicatie/converging-roads.html>) que les organisations de la société civile et le public ne jouent actuellement aucun rôle significatif dans le développement des voitures intelligentes et autonomes (qu'il s'agisse de la voiture coopérative ou de la voiture robotisée). En effet, ils sont manifestement absents. Les utilisateurs ne sont pas inévitablement impliqués dans l'implantation des voitures autonomes. La nature fermée du processus d'innovation provient en partie du souhait d'éviter les conflits. Les questions controversées, comme les prix variables sur les routes et la confidentialité, sont souvent évitées, même si les fonctionnalités liées apparaissent presque d'elles-mêmes. Dans le programme politique actuel néerlandais (Mieux informés sur la Route, *Better Informed on the Road*) la procédure de développement stratégique n'a pas été fixée trop large car construire la confiance entre le marché et le gouvernement a été considéré comme une tâche primordiale. Mais le rythme des développements actuels nécessite la contribution et l'implication des utilisateurs, du public et des organisations de la société civile. La contribution de toutes ces parties est nécessaire, d'autant plus que maintenant les voitures autonomes sont en train de sortir des limites des circuits de test et commencent à rouler sur des routes publiques. C'est seulement en impliquant les citoyens qu'il sera possible d'atteindre les objectifs politiques comme les économies d'énergies, la réduction des congestions et l'amélioration de la sécurité routière.

L'une des parties du projet de l'Institut Rathenau sur les « villes intelligentes » (mentionné ci-dessus) est d'étudier comment les technologies intelligentes comme les capteurs, les smartphones et les applications, pourraient donner le pouvoir aux utilisateurs de participer à la détermination des économies d'énergie, des émissions carbone. Comment de telles données pourront-elles être utilisées par les citoyens, les entreprises et les gouvernements pour changer leur politique, leur espace d'habitation, leurs comportements (leur type de conduite). Les compagnies d'assurance commencent à expérimenter des appareils de mesure intelligents pour les voitures qui donnent aux utilisateurs un retour en temps réel sur leur style de conduite. Une réduction des primes pour un style de conduite « durable » et « sûr » pourrait être accordée.

Conclusion

L'Institut Rathenau surveille continuellement les développements relatifs aux innovations et les technologies innovantes qui renforcent la durabilité et qui réduisent les effets désastreux du changement climatique. L'un des thèmes principaux est la manière dont les technologies relatives aux TIC peuvent jouer un rôle dans la transition vers une société plus durable. Le développement de villes intelligentes, de voitures intelligentes et de l'agriculture intelligente sont des projets phares que nous menons actuellement. Ici, l'implication des citoyens dans la conception de ces technologies et dans la mesure des tendances et dans la collecte de données paraît essentielle.

Pologne

Contexte général

Le taux d'émission de CO₂ de la Pologne était estimé à 320 millions de tonnes en 2013. La principale source d'émission était la combustion de carburants, qui représentait 92% de la totalité des émissions de CO₂ (au sein de cette catégorie, les industries de l'énergie contribuaient à hauteur de 52%, la construction et la production à hauteur de 9% et le transport à hauteur de 14%). Le taux d'émission par habitant en Pologne (d'environ 8,3 tonnes de CO₂ par année) demeure dans la moyenne européenne.

La Pologne est l'un des pays les plus énergivores de l'Union Européenne. Le taux d'émissions en Pologne est relativement élevé en raison du secteur de l'énergie, qui fonctionne encore majoritairement au charbon. Près de 90% de l'électricité polonaise est produite grâce au charbon. L'industrie du charbon représente une part importante de l'économie polonaise, et l'Etat détient de nombreuses parts des centrales électriques. Ces deux facteurs expliquent qu'il n'y ait pas de véritable intérêt politique à réduire l'utilisation du charbon comme source d'énergie. Les dépôts nationaux de charbon sont également perçus comme un atout important pour la sécurité énergétique. La sécurité énergétique justifie que la Pologne n'emploie pas de gaz naturels plus propres, car ils devraient être importés.

La Pologne est souvent vue comme un pays qui s'oppose fortement aux politiques climatiques de l'UE. Cependant, il est important de souligner que la Pologne a réussi à réduire de façon considérable ses émissions de gaz à effet de serre au cours de sa transformation économique. Grâce à cette transition vers une utilisation moins intensive de l'énergie, le taux d'émission de gaz à effet de serre de la Pologne a diminué de 30% entre 1988 (année de référence pour la Pologne selon l'UNFCCC) et 2013. Depuis le début des années 2000, le taux annuel d'émissions de gaz à effet de serre est resté stable alors que le PIB de la Pologne a augmenté de façon significative. Ces chiffres démontrent l'effort déployé pour inclure plus d'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique de la Pologne, et pour investir davantage dans des technologies avec une efficacité énergétique plus importante. Cependant, l'efficacité énergétique de l'économie polonaise, bien qu'en amélioration, reste bien en dessous de la moyenne européenne.

La Pologne n'a pas de politique climatique spécifique, au-delà du respect des engagements internationaux et de la législation européenne. La question du climat est traitée au sein d'autres secteurs, en particulier dans le domaine des politiques énergétiques. *La politique énergétique de la Pologne d'ici 2030* (adoptée en 2009) se concentre majoritairement sur l'amélioration de la sécurité énergétique, de l'efficacité, et de la compétitivité. Ce plan s'est progressivement adapté, et vise à présent la diversification du bouquet énergétique de la Pologne, en utilisant davantage de gaz et d'énergies nucléaires et renouvelables. De surcroît, un plan national en cours de déploiement ambitionne de réduire les émissions de gaz à effet de serre en Pologne. Il porte le titre de Plan National pour le Développement d'une Economie à Basses Emissions (ce document est actuellement dans sa phase finale d'approbation ministérielle). Jusqu'à présent, l'instrument principal de la politique climatique polonaise était le système communautaire d'échange de quotas d'émission (SCEQE) européen, qui concerne environ la moitié des émissions de gaz à effet de serre de la Pologne. Les émissions des

secteurs n'entrant pas dans le cadre du SCEQE (principalement le logement, les transports et l'agriculture) devraient augmenter de 14% d'ici 2020, relativement au taux de 2005.

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

La *politique énergétique de 2030* liste un certain nombre de mesures concernant la demande d'énergie, en particulier dans le secteur du bâtiment. Il est envisagé par exemple (i) de mettre en place des objectifs nationaux en termes d'efficacité énergétique et d'introduire un mécanisme de soutien systématique ; (ii) d'instaurer des certificats de performance énergétique pour les bâtiments en vente ou en location ; (iii) de déterminer l'intensité énergétique des appareils et la consommation en énergie de certains produits, pour établir un seuil de consommation énergétique ; (iv) d'engager la fonction publique à être exemplaire concernant la consommation d'énergie ; (v) d'encourager les investissements dans le domaine de l'économie d'énergie grâce à des prêts préférentiels ou à des subventions nationales ou européennes pour lever des fonds.

Améliorer l'efficacité énergétique est l'une des priorités de la politique climatique polonaise. De nombreuses actions dans ce domaine suivent les législations européennes. En avril 2011, avec la *loi sur l'efficacité énergétique*, la Pologne a mis en place les clauses de la Directive 2006/32/EC sur l'efficacité de l'utilisation finale des services énergétiques. Pour respecter les obligations établies par la Directive 2010/31/EC sur les performances énergétiques des bâtiments, le gouvernement polonais a préparé un Plan d'Action National pour l'Efficacité Énergétique (PANEE), qui concerne, entre autres, le secteur du bâtiment. Le PANEE, adopté en 2011, fixe comme objectif une économie d'énergie de 11% d'ici 2016, par rapport aux taux moyens mesurés entre 2001 et 2005. En accord avec la nouvelle législation européenne (2012/27/EU), le plan polonais de 2014 a comme objectif indicatif pour 2020 de stabiliser la consommation d'énergie primaire au même niveau que celui des années 2010. Ceci oblige à une meilleure efficacité énergétique dans tous les domaines. Selon de nombreuses études, il y a une grande marge de manœuvre pour améliorer l'efficacité énergétique dans le secteur du logement, des bâtiments publics et des systèmes de chauffage central.

Des aides publiques pour financer l'amélioration thermique des bâtiments déjà construits sont disponibles grâce au fonds de réhabilitation thermique, supervisé par le ministère des Infrastructures et du Développement, et géré par la banque d'Etat polonaise (Bank Gospodarstwa Krajowego). Ce fonds permet principalement aux municipalités et aux propriétaires d'emprunter afin de rénover leurs résidences. Il subventionne uniquement les « pratiques exemplaires » de réhabilitation, en se concentrant sur des projets de rénovation inintéressants dans des conditions habituelles de prêt. Ce programme a également contribué au développement de services d'audit énergétique.

Innovation, transports, mobilité

Le secteur du transport en Pologne a vu son taux d'émission exploser au cours de ces deux dernières décennies. Il a augmenté de 75% depuis le début de la transition économique polonaise. En 2013, le secteur du transport était responsable de 14% de la totalité des émissions de gaz à effet de serre en Pologne – et le volume de transport routier, encore relativement faible, devrait augmenter dans les années à venir. Ce problème est également dû à une utilisation importante de vieux véhicules, qui consomment généralement davantage de

carburant, de façon inefficace et polluante. Comme d'autres économies en transition, la Pologne a investi fortement dans la construction de routes, qui représentent 90% de l'investissement de ces dernières années dans des infrastructures de transport. Malgré ces investissements conséquents, le nombre d'autoroutes en Pologne reste l'un des plus faibles d'Europe, et le réseau ferroviaire reçoit très peu de subventions. Dans le cas des transports de passagers et de marchandises, le changement le plus notable est la forte augmentation du volume du transport routier: celui-ci représente 95% du volume de transport de passagers et 75% du transport de marchandises. Concernant le transport routier, la consommation de carburant et le nombre de voitures ont augmenté. La seule évolution positive est la diminution des indices d'intensité énergétique des moyens de transport.

Jusqu'à récemment, peu de progrès avaient été faits concernant l'impact environnemental du secteur du transport. Mais en 2013, le Conseil des ministres a adopté La *Stratégie de Développement du Transport*. Son principal objectif est « d'augmenter l'accessibilité territoriale et d'améliorer la sécurité routière ainsi que l'efficacité des transports en mettant en place un système de transport durable, facile à utiliser, à l'échelle locale, nationale et européenne ». L'un des objectifs détaillés est de « limiter l'impact négatif du transport sur l'environnement ». Le texte contient un renvoi direct au climat et à la réduction nécessaire des émissions de gaz à effet de serre: l'une des mesures propose d'augmenter de façon continue la part de biocarburants dans le domaine du transport. De plus, le texte introduit l'obligation de considérer les facteurs liés aux émissions et à la consommation énergétique pour tous les véhicules achetés via la procédure de passation des marchés publics.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

L'agriculture polonaise est caractérisée par de grandes ressources territoriales, avec de nombreuses terres pauvres et acidifiées, une fragmentation substantielle des fermes, et des méthodes de production traditionnelles toujours utilisées. La superficie totale des terres agricoles en Pologne était en 2012 de 18 millions d'hectares, soit 58% de la superficie de la Pologne. Depuis 2000, cette superficie a diminué de façon conséquente, tandis qu'ont augmenté les parts du logement, des services et des infrastructures.

Jusqu'à présent, la Pologne n'a pas adopté de mesures qui visaient directement à réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le domaine de l'agriculture. Cependant, dans le cadre du projet climatique européen pour 2020, les émissions de gaz à effet de serre en Pologne, dans les secteurs qui ne sont pas pris en compte dans le SCEQE, ne pourront dépasser le niveau de 2005 que de 14%. Cet objectif n'a pas encore été confirmé par des mesures politiques spécifiques.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

Entre 2007 et 2013, la dépense intérieure brute de la Pologne en R&D est passée de 0.57% du PIB à 0.9%, grâce à un budget national pour la recherche plus conséquent, et aux subventions européennes. Malgré cet effort, la Pologne demeure l'un des pays les moins performants en termes d'innovation en Europe, où la dépense moyenne intérieure brute en R&D avoisine

2.4% du PIB. Les entreprises polonaises dépensent très peu en R&D ou dans l'innovation, car presque toutes les dépenses se concentrent sur l'intégration des technologies. Pour faire face à ce défi, le gouvernement a réformé le système de coopération entre la sphère économique et le secteur de la science et de la recherche. Cette réforme comprenait la mise en place d'une agence pour la recherche appliquée ainsi que des systèmes de financement plus compétitifs. En 2013, le Conseil des ministres a adopté la *Stratégie pour une Economie Efficace et Innovante*, qui présente des mesures pour soutenir l'innovation en entreprise, et qui classe par ordre de priorité les domaines pouvant recevoir les bourses européennes. L'innovation dans le domaine de l'écologie illustre la tendance générale en Pologne en faveur de l'innovation. Malgré de faibles performances, des initiatives constructives de soutien peuvent être retenues, notamment le programme GreenEvo, qui soutient les exportations des technologies vertes, ou le programme GEKON, mis en œuvre par le Fonds National pour l'Environnement et le Centre National pour la Recherche et le Développement, qui encourage la coopération entre la science et l'industrie dans le domaine des technologies de l'environnement. Les financements européens ont permis de mettre en place des pôles d'innovation écologique tel que le Pôle Silésien des Technologies Environnementales, le Pôle Baltique d'Eco-Energie et Le Pôle d'Energie Propre du Sud de la Pologne. La CSI-Climat (Communauté pour le Savoir et l'Innovation) implanté à Wrocław est le partenariat public privé le plus important de la Pologne. Elle se concentre sur le changement climatique et regroupe des compagnies privées, des institutions académiques et des représentants du secteur public. Son objectif est clairement fixé sur le développement des énergies renouvelables, des biocarburants et des technologies propres du charbon. Les recherches dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments (comprenant la norme d'émission zéro) sont effectuées par l'Université Technologique de Cracovie et par l'Institut de Recherche pour le Logement à Varsovie.

Royaume-Uni

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

En 2012, la consommation d'énergie dans les bâtiments du Royaume-Uni a représenté approximativement 37% des émissions carbone du Royaume-Uni, 24% pour les bâtiments résidentiels et 13% pour les bâtiments non résidentiels⁽¹⁹⁾. Des organisations du secteur public du Royaume-Uni estiment que les innovations relatives à l'efficacité énergétique ont le potentiel de réduire les émissions cumulatives jusqu'à 29 millions de tonnes de CO₂ (MtCO₂) d'ici 2020 et jusqu'à 159 MtCO₂ d'ici 2050⁽²⁰⁾⁽²¹⁾ et qu'elles aident le Royaume-Uni à atteindre son objectif fixé par la directive européenne relative à l'efficacité énergétique d'une réduction de 20% de sa prévision de consommation d'énergie d'ici 2020⁽²²⁾. Les innovations actuelles du Royaume-Uni portant sur l'efficacité énergétique des bâtiments peuvent être divisées en trois principaux domaines : la construction, la rénovation et le développement de nouveaux matériaux et composants.

1. Construction

Des méthodes améliorées pour la construction de nouveaux bâtiments peuvent aboutir à une meilleure efficacité énergétique que celle atteinte par les approches précédentes.

L'innovation pour les nouvelles constructions a pour objectif de réduire les émissions carbone depuis la construction et de réduire les coûts de constructions des bâtiments à faible intensité carbone. De telles innovations comprennent :

- la production et l'utilisation de matériaux plus durables pour les charpentes, comme le bois léger⁽²³⁾ ou des matériaux composites partiellement composés de matériaux de culture (par exemple la paille et le chanvre) qui ont un contenu carbonique négatif⁽²⁴⁾ ;
- le développement d'usines transportables pour la production de structures complètes, comme les murs et les poutres. Ces usines permettent que les structures soient construites près du site de construction ce qui réduit l'empreinte carbone pour les transporter. Elles réduisent aussi les émissions carbonées des projets de construction en accélérant la vitesse de réalisation de plus de 30%⁽²⁵⁾ et pourraient permettre l'utilisation de la robotique dans la construction ce qui accroîtrait encore l'efficacité⁽²⁶⁾.

(19) Committee on climate Change, 2013, *Meeting Carbon Budgets: 2013 Progress Report to Parliament – Chapter 3: Progress reducing emissions from buildings*.

(20) Technology Innovation Needs Assessment, 2012 *Domestic Buildings Summary Report*.

(21) Technology Innovation Needs Assessment, 2012 *Non-domestic Buildings Summary Report*.

(22) European Parliament, 2012. *Council Directive 2012/27/EU of 25/10/2012 on energy efficiency*.

(23) Innovate UK, *Innovative thinking to help deliver low carbon buildings* [Online] Available: https://interact.innovateuk.org/zh/press-release-display-page/-/asset_publisher/u5igfmj8gOAF/content/innovative-thinking-to-help-deliver-low-carbon-buildings [Accessed 25 August 2015].

(24) University of Bath Department of Architecture and Civil Engineering. *Low-carbon materials* [Online] Available: <http://www.bath.ac.uk/ace/research/cicm/low-carbon-materials/> [Accessed 3 September 2015].

(25) Skanska, 2013. *Skanska secures government grant to trial new construction method* [Online] Available: <http://www.skanska.co.uk/news--press/display-news/?nid=zvBcN758> [Accessed 3 September 2015]

(26) Skanska, 2015. *Skanska wins grant to develop construction robots* [Online] Available: <http://www.skanska.co.uk/news--press/display-news/?nid=1x1pU3JM> [Accessed 3 September 2015].

2. Rénovation

L'efficacité énergétique des bâtiments peut être améliorée grâce à des rénovations. Les techniques innovantes de rénovation développées au Royaume-Uni comprennent :

- l'utilisation de technologies laser pour mesurer les pièces et ajuster l'isolation interne des murs. Cela minimise le gaspillage dans la découpe de matériaux, assure que les pièces soient complètement isolées et accélère les projets de rénovation. Tout cela réduit les émissions de gaz à effet de serre ⁽²⁷⁾ ⁽²⁸⁾ ;
- deux nouveaux systèmes efficaces de régulation de la ventilation et de la température. Le premier permet à l'air frais de circuler autour du bâtiment sans avoir besoin d'un ventilateur en incorporant des pompes à air et de serpentins d'eau dans les poutres ⁽²⁹⁾. Le deuxième permet aussi à des fluides chauffés de passer à travers de petits tubes dans la structure d'un bâtiment pour permettre le chauffage et la climatisation ⁽³⁰⁾.

3. Matériaux et composants

Les nouveaux matériaux et composants peuvent permettre de rendre les bâtiments plus performants énergétiquement. Les technologies qui sont testées comprennent :

- des nouveaux matériaux de stockage de la chaleur connus comme des matériaux à changement de phase. La chaleur d'une pièce chaude est emmagasinée en subissant un changement d'état, généralement de solide à liquide, ce qui peut libérer de la chaleur quand la pièce se refroidit ;
- le développement de matériaux qui améliorent l'absorption de la chaleur solaire. Par exemple, Tata Steel est en train de développer un acier strié microperforé qui est traité pour absorber un niveau élevé de radiations solaires. Cet acier est attaché à des bâtiments et crée une couche d'air chaud entre l'acier et le mur du bâtiment. Cet air peut être pompé directement dans le bâtiment ⁽³¹⁾ ;
- des systèmes de récupération pour réutiliser l'eau (et la chaleur de l'eau) ⁽³²⁾.

Innovation, transports, mobilité

En 2013, les émissions de CO₂ dues au transport au Royaume-Uni ont atteint l'équivalent de 116.8 million tonnes de CO₂, ce qui représente plus de 20% du total des émissions ⁽³³⁾ du pays. Pour atteindre ses objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, le

⁽²⁷⁾ Technology Strategy Board, 2013 *Retrofit Revealed: The Retrofit for the Future projects – data analysis reports*.

⁽²⁸⁾ Sustainable Homes, 2014. *Oxford whole house retrofit reduces CO2 by over 80%* [Online] Available; <http://www.sustainablehomes.co.uk/blog/bid/206447/Oxford-whole-house-retrofit-reduces-CO2-by-over-80> [Accessed 3 September 2015]

⁽²⁹⁾ ECA Energy Technology list, 2015. *Active chilled beams*.

⁽³⁰⁾ University of Reading School of Construction management and Engineering. Radiant heating and cooling system using capillary tubes. [Online] Available: <http://www.reading.ac.uk/CME/research/cme-Radiant-heatingand-cooling-system-using-capillary-tubes.aspx> [Accessed 3 September 2015].

⁽³¹⁾ TATA Steel, *Sustainable Building Envelope Centre* [Online] Available: <http://www.sbec.eu.com/> [Accessed 26 August 2015].

⁽³²⁾ Buildings Research Establishment, *BRE Innovation Parks* [Online] Available: <http://ipark.bre.co.uk/index.jsp> [Accessed 25 August 2015].

⁽³³⁾ Department of Energy and Climate Change, 2015. *2013 UK Greenhouse Gas Emissions, Final Figures*. London: Department of Energy and Climate Change.

Gouvernement du Royaume-Uni et le secteur de l'industrie explorent plusieurs options d'innovation. Cela comprend les carburants alternatifs, des nouveaux modèles d'utilisation de la voiture, l'amélioration de la sécurité des vélos, une meilleure planification des transports, le ticket unique et de nouveaux matériaux plus légers dans les transports.

1. Carburants alternatifs

Il y a eu quelques innovations et une utilisation accrue de carburants alternatifs potentiellement plus sobres. Cela comprend l'électricité, l'hydrogène et le gaz naturel.

L'électrification des transports est en progression. Une subvention du Gouvernement du Royaume-Uni, pouvant aller jusqu'à £5,000⁽³⁴⁾ semble avoir accéléré l'achat de véhicules privés électriques et hybrides avec un total de 35 705 véhicules éligibles depuis l'introduction de cette subvention en 2011⁽³⁵⁾. Actuellement, environ 40% du réseau ferré du Royaume-Uni est électrifié et il est prévu de l'étendre le long des voies principales⁽³⁶⁾. Le nombre de bus électriques est aussi en progression. Par exemple, à Londres il est prévu que le nombre de bus hybrides diesel-électrique passe de 800 en 2014 à 1700 (20% de la flotte) en 2016⁽³⁷⁾. Enfin, une nouvelle technologie de rechargement sans fil a été déployée à Milton Keynes pour une flotte de bus électriques, ce qui permet aux bus de se recharger pendant les arrêts⁽³⁸⁾.

L'acceptation des véhicules à hydrogène a été lente. Des bus à hydrogène à zéro émission sont opérationnels à Londres (8 bus) et à Aberdeen (10 bus)⁽³⁹⁾ et des technologies innovantes pour la production d'hydrogène et des stations de rechargement pour bus ont été développées conjointement par des entreprises britanniques de production de gaz et de distribution d'énergie⁽⁴⁰⁾⁽⁴¹⁾.

L'utilisation du gaz naturel a été testée dans environ 200 véhicules poids lourds (qui ne peuvent pas être électrifiés)⁽⁴²⁾. Les véhicules ont tendance à être rechargés dans les stations de recharge privées des entreprises dans la mesure où les infrastructures publiques de recharge pour le gaz naturel sont limitées. En comparaison avec le diesel, l'utilisation du gaz naturel produit 28% de moins d'émissions de gaz à effet de serre (jusqu'à 65% pour le bio méthane)⁽⁴³⁾.

(34) GOV.UK *Plug-in car and van grants*. [Online]. Available: <https://www.gov.uk/plug-in-car-van-grants/overview>. [Accessed 24 August 2015].

(35) 102 EV Registrations 2010-2015, SMMT <http://www.smmt.co.uk/category/news-registration-evs-afvs/>.

(36) Network Rail, 2013. *Technical Strategy*.

(37) Network rail, *Electrification* [Online]. Available: <http://www.networkrail.co.uk/aspx/12273.aspx>. [Accessed 20 August 2015].

(38) Transport for London, 2014 *New hybrid bus charging technology trial announced* [Online]. Available: <https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2014/august/new-hybrid-bus-charging-technology-trial-announced>. [Accessed 20 August 2015].

(39) IEET and ITS-UK, 2014. *Local Authority Guide to Emerging Transport Technology*.

(40) Aberdeen Invest Live Visit Hydrogen Bus Project [Online]. Available: <http://aberdeeninvestlivevisit.co.uk/Invest/Aberdeens-Economy/City-Projects/H2-Aberdeen/Hydrogen-Bus/Hydrogen-Bus-Project.aspx> [Accessed 27 August 2015]

(41) Air Products, 2014. *Bringing Hydrogen to London's Streets*.

(42) Aberdeen Invest Live Visit *H2 Aberdeen: Who is involved?* [Online]. Available: <http://aberdeeninvestlivevisit.co.uk/Invest/Aberdeens-Economy/City-Projects/H2-Aberdeen/Hydrogen-Bus/Hydrogen-Bus-Who-is-involved.aspx> [Accessed 02 September 2015]

(43) C. L. Fevre, 2014. *The Prospects for Natural Gas as a Transport Fuel in Europe*. The Oxford Institute for Energy Studies.

2. Modèles d'utilisation de la voiture

Au Royaume-Uni, il y a eu une augmentation des modèles économiques qui utilisent des plateformes via internet et des applications pour permettre l'auto-partage⁽⁴⁴⁾. Cela pourrait réduire les émissions en encourageant les personnes à associer la location de voiture et les transports publics⁽⁴⁵⁾. D'autres schémas comme le « E-Car Club » encouragent l'utilisation de voitures électriques en prenant en charge pour les particuliers les coûts initiaux⁽⁴⁶⁾.

3. Sécurité en vélo

Pour inciter à l'utilisation du vélo à Londres, des innovations sont en train d'être testées. Par exemple, les grands véhicules sont en train d'être équipés de systèmes électroniques pour détecter les cyclistes dans des endroits sombres⁽⁴⁷⁾.

4. Planification et données

Le Royaume-Uni améliore sa planification des transports en collectant un nombre plus important de données et utilise des analyses de données plus performantes. Les données sur l'aviation sont utilisées pour améliorer la gestion du trafic aérien et pour l'intégrer avec d'autres services de transport. Pour les transports publics, des flux de données comme les réseaux sociaux peuvent être utilisés pour « cartographier le sentiment » afin d'établir en temps réel les besoins des usagers des transports et permettre des plannings dynamiques⁽⁴⁸⁾. Cela complète l'utilisation actuelle d'un large volume de données sur les trajets sur route et en train par les autorités des transports pour accroître l'efficacité des transports.

5. Ticket unique

On peut, par exemple, citer la « Oyster Card » de Londres et l'acceptation des cartes de débit/crédit sans contact, qui peuvent être utilisées dans plusieurs formes de transports publics. C'est de plus en plus répandu dans tout le Royaume-Uni. Ces démarches peuvent encourager l'utilisation des transports publics mais aussi réduire les temps d'arrêt des bus, ce qui rend les voyages plus efficaces et diminue les émissions polluantes⁽⁴⁹⁾.

6. Matériaux plus légers

Le Royaume-Uni vise à développer son expertise dans la conception et la recherche de matériaux plus légers qui permettent d'accroître l'efficacité en carburants des véhicules. Des financements ont été accordés à divers projets, y compris à des projets relatifs à la recherche

⁽⁴⁴⁾ C. Kluyver, 2014 *Foot on the gas?* National Grid [Online]. Available: <http://www.nationalgridconnecting.com/foot-on-the-gas/>. [Accessed 20 August 2015].

⁽⁴⁵⁾ Prakash, A. and Kar-Gupta, S., 2014 Rise of the car-sharing apps poses threat to auto sector Reuters [Online] Available: <http://uk.reuters.com/article/2014/12/18/uk-autos-apps-idUKKBN0JW1TJ20141218>. [Accessed 18 August 2015]

⁽⁴⁶⁾ POSTnote 496 Trends in Transport.

⁽⁴⁷⁾ GOV.UK, 2015 *Crowdfunding investors celebrate successful exit from E-Car Club* [Online]. Available: <https://www.gov.uk/government/news/crowdfunding-investors-celebrate-successful-exit-from-e-car-club>. [Accessed 20 August 2015].

⁽⁴⁸⁾ Transport Research Laboratory, *Cycle Detection using Intelligent Transport Systems* [Online] <http://www.trl.co.uk/solutions/sustainability/cycling/safer-cycling-innovations/cycle-detection-using-intelligent-transport-systems/> [Accessed 27 August 2015].

⁽⁴⁹⁾ Transport Systems Catapult, 2013. *Transport Systems Catapult: Five-Year Delivery Plan to March 2018 (abridged)*.

sur l'utilisation de composites à matrices d'aluminium léger pour renforcer les composants automobiles ⁽⁵⁰⁾.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

L'agriculture contribue à 9% des émissions de gaz à effet de serre au Royaume-Uni, contre 10 à 12 % au niveau mondial. Bien qu'il y ait une tendance à la baisse sur le long terme de l'agriculture au Royaume-Uni, ce secteur en Angleterre a un objectif de réduction de son budget carbone de 3 millions de tonnes d'équivalent dioxyde de carbone (millions de tonnes d'équivalent CO₂) par an fixé pour la période 2018-2022, conformément aux exigences de la loi sur le changement climatique qui impose une réduction de 11% par rapport aux niveaux de 2008. Des réductions similaires sont requises pour l'Ecosse (1,3), le Pays de Galles (0,6) et l'Irlande du Nord (0,276). L'oxyde d'azote contribue plus au réchauffement climatique que tous les autres gaz émis par l'agriculture (les émissions du Royaume-Uni sont de 30,3 millions de tonnes d'équivalent CO₂) et les sols sont la source principale des émissions (90%). Cela résulte de l'activité microbienne qui fait suite à l'application d'engrais azotés par l'homme, de fumier de ferme, de lisier et de re-déposition de la pollution atmosphérique due à l'azote sur les terres. La consommation d'énergie dans les exploitations et le stockage des récoltes sont les principales sources d'émissions de CO₂ dans l'agriculture (les émissions du Royaume-Uni sont de 6,6 millions de tonnes d'équivalent CO₂). La majorité du méthane émis vient de la fermentation produite par les processus digestifs du bétail et la décomposition anaérobie de fumier stocké et de lisier (les émissions du Royaume-Uni sont de 22,3 millions de tonnes d'équivalent CO₂) ⁽⁵¹⁾.

Cependant, avec ces exigences d'atténuation, les systèmes agricoles vont aussi devoir s'adapter radicalement pour répondre à la demande mondiale croissante en nourriture ⁽⁵²⁾, à la baisse de la disponibilité des ressources en eau ⁽⁵³⁾ et à l'accroissement de la résistance des parasites aux substances agrochimiques existantes, comme les herbicides ⁽⁵⁴⁾. La stratégie Agri-Tech du Royaume-Uni a été lancée en 2013 pour encourager l'innovation dans l'agriculture afin de répondre à ces défis. Associer les forces de la recherche britannique dans des domaines comme la science des sols et la science des cultures, la robotique et les TIC pourrait amener à des produits et services pour l'export.

Les principales approches qui émergent pour lutter contre les émissions de gaz à effet de serre concernent notamment les techniques agricoles de précision, les exploitations agricoles en environnement contrôlé, les fourrages alternatifs et les insectes comestibles :

⁽⁵⁰⁾ School of Engineering - University of Portsmouth, 2009 *How Oyster Cards reduce the environmental impact of the London bus network* [Online]. Available: <http://mosaic.cnfolio.com/B101CW2008B180>. [Accessed 24 August 2015].

⁽⁵¹⁾ Innovate UK, 2012 *Competition winners announced for £56 million investment into low carbon vehicles* [Online] Available: https://connect.innovateuk.org/web/energy-efficiency/article-view/-/blogs/competition-winners-announced-for-%C2%A356million-investment-into-low-carbon-vehicles?_33_redirect=https%3A%2F%2Fconnect.innovateuk.org%2Fweb%2Fenergy-efficiency%2Farticle-view%3Fp_id%3D33%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1%26p_r_p_564233524_tag%3Dlightweight%2Bsustainable%2Bbodyshells [Accessed 26 August 2015].

⁽⁵²⁾ POSTnote 486, Emissions from Crops.

⁽⁵³⁾ POSTnote 499, Novel Food Production.

⁽⁵⁴⁾ POSTnote 385, Water in Production and Products.

- L'agriculture de précision utilise la technologie, le génie agricole et les données pour aider les agriculteurs à appliquer les traitements efficacement à travers le « 4B » : « une bonne intervention, au bon moment, au bon endroit et en bonne quantité ». Par exemple, les agriculteurs peuvent cibler les fertilisateurs là où ils sont le plus nécessaires, plutôt que d'appliquer un taux uniforme à tout le champ, ce qui peut potentiellement réduire les coûts et la consommation globale. En 2012, 22% des exploitations agricoles anglaises utilisaient le Système de Positionnement Global (Global Positioning System) et 20% utilisaient la cartographie des sols pour optimiser les traitements. Une utilisation plus efficace des apports peut contribuer à intensifier la production de nourriture de manière durable, et à optimiser les rendements tout en réduisant l'impact environnemental y compris les émissions de gaz à effet de serre. Cependant, les coûts initiaux élevés vont probablement limiter l'adoption de ces mesures aux exploitations agricoles plus grandes ⁽⁵⁵⁾.
- Les avancées technologiques dans l'éclairage, la culture hydroponique et le contrôle climatique permettent à l'agriculture d'aller dans des environnements intérieurs contrôlés. L'agriculture en environnement contrôlé est un prolongement de l'horticulture sous serre qui permet un contrôle total de l'environnement de croissance avec des cultures cultivées toute l'année et protégées d'événements météorologiques extrêmes comme les tempêtes, mais aussi des attaques animales. L'agriculture en environnement contrôlé peut accroître le rendement de certaines cultures et diminuer l'utilisation des ressources mais elle n'est pas adaptée aux cultures principales telles que celles de maïs ou de blé ⁽⁵⁶⁾.
- Des sources durables d'alimentation animale comme les insectes pourraient réduire la dépendance à l'alimentation au soja provenant des zones de forêts tropicales humides. Des repas d'insectes sont riches en protéines et nutriments, et l'élevage industriel de certaines espèces dans des usines pourrait être réalisé sur le fumier et les déchets alimentaires organiques ; bien que le fumier ne puisse pas être utilisé légalement comme aliment selon les réglementations de l'Union européenne actuelles ⁽⁵⁷⁾. L'agence britannique de recherche pour la nourriture et l'environnement (UK Food and Environment Research Agency, FERA) coordonne un programme international de recherche – ProteINSECT – qui examine l'élevage d'insectes pour la production de nourriture avec des productions à grande échelle commercialisées par des entreprises comme Entomotech en Espagne ⁽⁵⁸⁾.
- Les protéines végétales provenant des noix, du soja, des pois, des pois chiches et du lupin pourraient fournir une alternative aux protéines du bétail ⁽⁵⁹⁾ mais on aura aussi peut-être besoin de plus de nouvelles sources de protéines. Au moins 1900 espèces d'insectes sont connues pour être comestibles pour les hommes ⁽⁶⁰⁾, et bien que le contenu nutritionnel varie selon les espèces, les caractéristiques en protéines et en nutriments des insectes ressemblent généralement à celles de la viande. L'élevage d'insectes produit moins de gaz à effet de serre et d'émissions d'ammoniac par kilo de protéine que la production de porc et bétail, mais il risque probablement d'avoir des problèmes d'acceptation par le public ⁽⁶¹⁾.

(55) POSTnote 501 Herbicide Resistance.

(56) POSTnote 505 Precision Farming.

(57) POSTnote 499 Novel Food Production.

(58) European Union, 2009. Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*, L 300: 1-33.

(59) POSTnote 499 Novel Food Production.

(60) Day, L., 2013. Trends in Food Science and Technology 32 : 25-42.

(61) Van Huis, A., 2013. *Annual review of Entomology*, 58:563-83.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

Les technologies intelligentes permettent de relayer à un utilisateur une information exacte, détaillée et en temps réel. Cela peut aider à faciliter les changements de comportements qui mènent à diminuer les émissions de gaz à effet de serre ⁽⁶²⁾. Parmi les principales technologies intelligentes qui ont été introduites au Royaume-Uni, on retrouve les compteurs d'énergie et d'eau intelligents et ceux qui sont conçus pour faciliter des voyages plus efficaces.

1. Les compteurs intelligents

Les compteurs intelligents améliorent l'enregistrement de la consommation de l'énergie et de l'eau et communiquent cette information aux consommateurs et aux fournisseurs. Une meilleure communication envers les consommateurs leur permet d'identifier et de réduire les gaspillages et incite aussi à l'achat d'appareils plus performants ⁽⁶³⁾.

Suite aux lois énergétiques de 2008 et de 2011, les fournisseurs d'énergie britanniques sont obligés de prendre toutes les actions raisonnables pour installer des compteurs intelligents d'électricité et de gaz ainsi que des « affichages intérieurs domotiques » (AID) dans toutes les propriétés résidentielles et les petites propriétés non résidentielles d'ici 2020. L'objectif est d'arriver à une couverture proche de 100%, avec une estimation de 53 millions de compteurs intelligents à installer, afin de s'assurer que le Royaume-Uni respecte la directive européenne de 2012 relative à l'efficacité énergétique. En plus des économies d'argent pour les consommateurs, les fournisseurs et les opérateurs, les essais du Royaume-Uni sur les compteurs intelligents semblent indiquer qu'ils pourraient réduire la consommation d'électricité de 3 à 19% et de gaz de 3 à 5% ⁽⁶⁴⁾. Le déploiement des compteurs intelligents est aussi supposé fournir un bénéfice estimé à £1.3 billion dans tout le pays grâce à la réduction des émissions de CO₂ et à l'amélioration de la qualité de l'air ⁽⁶⁵⁾.

Réduire la consommation en eau contribue à des économies d'énergie (et ainsi réduit les émissions de gaz à effet de serre) en réduisant la quantité d'énergie utilisée pour distribuer, traiter et chauffer l'eau. Des recherches suggèrent que les compteurs intelligents d'eau avec AID peuvent réduire la consommation d'eau de 3 à 18% sur 18 mois. Cependant, la plupart des foyers au Royaume-Uni payent l'eau selon un taux annuel fixe et ne sont pas équipés d'un compteur. Si une propriété est neuve ou si elle se trouve dans une zone que la compagnie d'eau considère comme une zone de stress hydrique, un compteur d'eau sera installé dans la propriété si le consommateur le demande. Un déploiement à l'échelle nationale est peu probable en raison d'obstacles techniques et logistiques : les compteurs d'eau se trouvent souvent dehors et sous terre ; il est difficile de transmettre leurs données vers la maison ⁽⁶⁶⁾.

Les technologies intelligentes peuvent aussi être utilisées dans des propriétés non résidentielles de plus grande taille (comme par exemple des bureaux) pour faire des économies d'énergie de façon différente. Par exemple, des applications peuvent encourager les usagers à réduire leur consommation d'énergie à travers un système de points avec des avantages s'ils adoptent des comportements plus économes en énergie. Il est possible de

(62) POSTnote 499 Novel Food Production.

(63) POSTnote 417 Energy Use and Behaviour Change.

(64) POSTnote 417 Smart Metering of Energy and Water.

(65) POSTnote 417 Smart Metering of Energy and Water.

(66) National Audit Office, 2014. *Update on preparations for Smart Metering*.

comparer les données avec d'autres utilisateurs de l'immeuble et d'organiser des forums de discussions entre utilisateurs de l'immeuble et l'équipe de maintenance. Dans un projet présenté en 2012 ces méthodes ont facilité une économie dans la consommation de gaz de 20% ⁽⁶⁷⁾.

2. Applications Internet pour le transport intelligent

Ces applications réunissent des données en temps réel sur les horaires de transport, les congestions, les retards et la localisation de l'utilisateur de l'application afin de permettre aux utilisateurs de planifier l'itinéraire le plus rapide (ou celui qu'ils préfèrent) pour leur destination. Cette information permet d'améliorer l'équilibre entre l'offre et la demande en transport, en réduisant le besoin en nouveaux services, véhicules et infrastructures⁽⁶⁸⁾, ce qui à son tour réduit les émissions de gaz à effet de serre des transports. Une de ces applications, CityMapper a été développée et lancée à Londres en 2012. Les estimations suggèrent que CityMapper est installé sur environ la moitié des iPhones à Londres ⁽⁶⁹⁾. L'application a été pour l'instant déployée dans 28 autres villes à travers le monde ⁽⁷⁰⁾.

⁽⁶⁷⁾ POSTnote 417 Smart Metering of Energy and Water.

⁽⁶⁸⁾ The University of Warwick, EMPOWER: Empowering empathic energy efficiency design [Online] http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/research/experiential_engineering/projects/pastprojects/empower/ [Accessed 26 August 2015].

⁽⁶⁹⁾ *Catapult: Future Cities, 2014*. How can the UK innovate for the world's cities?

⁽⁷⁰⁾ CityMapper, 2015. *CityMapper* [Online]. Available: www.citymapper.com. [Accessed 25 August 2015].

Russie

Innovation, transports, mobilité

Le projet de système intégré de transport eurasien a pour objectif d'assurer une mobilité de transport transcontinental à travers un équilibre optimal de la consommation d'énergie et la sécurité de l'environnement

L'idée de construire un réseau de transport transcontinental entre l'Eurasie et l'Amérique du Nord remonte au début du XXème siècle, et demeure depuis une question de grand intérêt pour les scientifiques et les hommes politiques.

Dans les années 1990, un projet de réseau reliant les continents d'Asie et d'Amérique du Nord a été longuement discuté lors de conférences internationales.

Un projet de grande ampleur nommé « Système Intégré de Transport Eurasien » (SITE) ou « Ceinture de Développement Trans-Eurasien » récemment développé propose de construire un réseau de transport sur le territoire russe entre l'Europe occidentale et l'Extrême-Orient, l'Amérique du Nord et l'Asie du Sud-Est. Le concept du projet a été développé par le Centre de recherche et de mise en oeuvre du mégaprojet SITE à l'Institut d'études sociales et politiques de l'Académie des sciences de Russie (le rapport correspondant a été publié par le Dr. V. Yakounine et par les académiciens G. Osipov et V. Sadovnichy)⁷¹. Le projet implique l'établissement d'un réseau d'infrastructure comprenant des unités flexibles de transport (routes ferroviaires et autoroutes), des réseaux d'énergie et de télécommunication.

Les idées principales du projet ont été plusieurs fois discutées au sein du Conseil de la Fédération, ainsi qu'au Forum économique du Baïkal. Le 30 Novembre 2011, le Conseil de la Fédération a organisé des auditions parlementaires sur le thème : « Les couloirs de transport internationaux entre l'Europe, la Russie, la région d'Asie-Pacifique, un espace pour l'innovation » pour examiner le projet SITE présenté par le directeur de l'Institut d'études sociales et politiques, l'académicien Guennadi Osipov.

Les recommandations des auditions du débat parlementaire ont montré, en particulier, la nécessité « d'examiner, dans le cadre des sommets UE-Russie et Russie-APEC, la faisabilité de la construction et du développement de couloirs de transport internationaux Amérique du Nord-Russie-Asie du Sud-Est (Alaska-détroit de Béring-Iakoutie-Sibérie-Chine) ».

En mars 2014, le projet du « Système Intégré de Transport Eurasien » a été présenté par le Dr. V. Yakounine (ancien président de la SARL « Chemins de fer russes ») et approuvé par le Présidium de l'Académie des sciences de Russie.

Les éléments de l'infrastructure intégrée doivent comporter : la construction de 47000 km de voies ferrées, de 120000 km de routes principales, la pose de 23000 km de câbles à fibre optique⁷². Les volumes de trafic interagiraient avec les flux d'énergie et avec les capacités de connaissances et de technologies. Cela créera, dans la région, un environnement innovateur pour l'établissement d'un centre de développements scientifiques et de production basé sur les technologies avancées fournies par les pays concernés.

⁷¹ Yakounin V.I., Osipov G.V., Sadovnichy V.A. *Le réseau uniform d'infrastructure Eurasiatique.* – M.: ISPS de ASR, 2013.

⁷² <http://www.council.gov.ru/media/files/41d56050809b3f319188.pdf>

Selon l'évaluation des développeurs de ce projet, la mise en œuvre de ce mégaprojet pourrait diviser de 5 à 6 fois le temps de livraison des marchandises entre l'Europe occidentale et l'Extrême-Orient, l'Asie du Sud-Est et l'Amérique du Nord, et réduire les coûts de livraison de deux à trois fois⁷³. Les promoteurs du projet sont convaincus que le rôle fonctionnel des chemins de fer dans le monde va augmenter. Tout d'abord, les voies ferrées sont respectueuses de l'environnement par comparaison aux réseaux routiers, et leur développement est plus efficace en termes de réduction des émissions de CO₂. Deuxièmement, la plupart des chemins de fer sont considérés comme sûrs, et enfin, plus confortables pour l'individu.

Ce projet permettrait d'optimiser des flux de trafic au niveau mondial et d'équilibrer les intérêts entre les grandes régions économiques du monde et serait un outil important pour la sécurité géopolitique mondiale. Il n'est pas exclu que la mise en œuvre du projet russe SITE puisse être réalisée en coopération avec les plans de construction de la ceinture économique de la Route de la Soie en Chine et de la Route de la Soie maritime du XXI^{ème} siècle. L'initiative de la stratégie de développement est connue sous le nom « Une ceinture, une route ».

La construction de ces réseaux de transport permettra à la Russie d'augmenter sensiblement ses capacités de transit et d'unir les efforts d'un certain nombre de pays qui ont un potentiel fort de croissance économique.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

1. La lutte contre le changement climatique mondial: de nouvelles technologies pour l'utilisation des gaz effet de serre

La Doctrine climatique de la Fédération de Russie⁷⁴ stipule que « le changement climatique est l'un des problèmes cruciaux mondiaux du XXI^{ème} siècle, qui dépasse la portée des problèmes scientifiques et regroupe de nombreux problèmes interdisciplinaires, concernant les aspects environnementaux, économiques et sociaux du développement durable de la Fédération de Russie ».

Le Conseil de la Fédération de l'Assemblée Fédérale de la Fédération de Russie a toujours préconisé d'intensifier les efforts, conjointement avec la communauté internationale, pour lutter contre le changement climatique et pour en limiter les effets néfastes sur l'environnement⁷⁵.

Depuis 2008 le Conseil de la Fédération, en collaboration avec l'Assemblée interparlementaire de la Communauté des Etats Indépendants, a organisé le Congrès écologique international Nevsky⁷⁶ – le plus grand forum sur l'environnement en Russie.

⁷³ *Op. cit.*

⁷⁴ Approuvée par l'arrêté du 17 décembre 2009 du Président de la Fédération de Russie (#861-rp).

⁷⁵ Les Sénateurs russes ont abordé ces questions lors des sessions de l'APCE en septembre 2009 et janvier 2014, lors de la 22^{ème} session du Forum parlementaire Asie-Pacifique (FPAP) en janvier 2014, lors du deuxième Sommet des Organisation mondiale des législateurs pour un environnement équilibré (GLOBE) en juin 2014 et dans nombreuses réunions parlementaires.

⁷⁶ <http://ecocongress.info>

Le VII^{ème} Congrès Nevsky, qui s'est tenu en mai 2015, a été consacré à la stratégie de sécurité écologique. Une attention particulière a été accordée aux soutiens et à la mise en oeuvre des recherches scientifiques de pointe qui contribueront à la réduction de l'impact de l'industrie sur l'environnement. En particulier, le document final du Congrès se réfère au projet « Synthèse » portant sur la production d'hydrocarbures en utilisant les gaz à effet de serre⁷⁷.

Avant cela, le Conseil de la Fédération avait parrainé la discussion sur ce projet lors de diverses réunions : lors de la réunion du Conseil des experts scientifiques sous la présidence du Président du Conseil de la Fédération (avril 2012), lors du Congrès Nevsky et lors du Forum économique international du Baïkal (2012).

2. La production d'hydrocarbures en utilisant les gaz à effet de serre (projet « Synthèse »)

Aujourd'hui, la concentration de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère est deux fois plus élevée qu'au début de la révolution industrielle. Actuellement le monde est en quête de différents moyens pour atteindre la réduction des gaz à effet de serre, y compris en captant les émissions de dioxyde de carbone et en les enfouissant dans le sol dans des couches poreuses profondes ou saumurées, ainsi que dans les champs de pétrole et de gaz épuisés. Cependant, ces méthodes techniques sont en général très coûteuses et il est même possible qu'avec le temps, le dioxyde de carbone enterré se libère naturellement.

Les scientifiques de l'Académie des sciences de Russie ont développé une technologie permettant de recycler les émissions industrielles de dioxyde de carbone en produits organiques de synthèse (projet « Synthèse »), qui assure un renouvellement du carbone, similaire au renouvellement naturel. Le dioxyde de carbone sert alors de matière première pour la production de vecteurs énergétiques de synthèse liquides (qu'il s'agisse de carburant pour moteurs, de diméthyléther, d'essence d'octane élevé, de carburant riche en octane) ayant un impact environnemental amélioré.

Cette technologie en général est unique et a été introduite pour la première fois par la Fédération de Russie qui a breveté des méthodes pour produire des gaz de synthèse et des produits de synthèse organiques à partir d'eau et de dioxyde de carbone. Cette technologie pratique comprend les principales étapes suivantes:

- l'utilisation d'absorbants à base d'amine renouvelable pour extraire et concentrer le dioxyde de carbone des émissions industrielles de gaz dilué (ayant de 7% à 97% de teneur en CO₂) ;
- la réduction du dioxyde de carbone et de l'eau pour obtenir de l'hydrogène et du monoxyde de carbone, c'est-à-dire des gaz de synthèse, et dans des processus parallèles, l'électrolyse de l'eau et la réduction catalytique du dioxyde de carbone à l'aide de l'électrolyse de l'hydrogène. Ainsi, l'oxygène résultant de l'électrolyse est utilisé dans un processus parallèle d'oxydation partielle du méthane, qui produit du gaz de synthèse supplémentaire ainsi qu'un excédent (commercial) d'hydrogène ;
- la dernière étape comprend des procédés de synthèse organique basés sur la conversion du gaz de synthèse en méthanol et en produits contenant de l'oxygène ou, selon la méthode de synthèse de Fischer-Tropsch, en hydrocarbures liquides et en carburants synthétiques.

⁷⁷ Le projet *Synthesis* a été élaboré par le Conseil scientifique d'experts du Programme pour la recherche fondamentale au Présidium de l'Académie des sciences de Russie.

A l'avenir, une technologie sera développée pour extraire directement le dioxyde de carbone de l'atmosphère terrestre en utilisant des membranes sélectives de gaz.

Actuellement, une esquisse de projet d'usine de traitement de dioxyde de carbone⁷⁸ est en cours. Elle aurait la capacité de transformer jusqu'à 5000 tonnes d'hydrocarbures liquides par an et jusqu'à 20000 tonnes de produits de synthèse organique (intermédiaires) par an. Cela permettrait de développer la production de carburants écologiquement propres ainsi que du Diesel premium « Euro-3 » et « Euro 4 » ou de normes plus élevées, ainsi que du carburant à hydrogène.

⁷⁸ Project *Synthesis*. Esquisse de projet d'une usine de traitement de dioxyde de carbone avec la capacité de transformation jusqu'à 5.000 tonnes par an d'hydrocarbures liquides. – M.: ISPS of RAS, 2015. 124 p.

Suède

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

Le secteur du logement et du bâtiment est responsable de 40% de la consommation en électricité suédoise. La Suède s'est fixé l'objectif, d'ici 2020, d'une consommation d'énergie quasi nulle pour chaque nouveau bâtiment. Un plan d'action pour atteindre cet objectif a été développé. L'efficacité énergétique est primordiale dans tout le secteur, tant pour construire de nouveaux bâtiments que pour rénover les anciens, afin de rendre leur utilisation quotidienne moins énergivore. Mais construire des bâtiments de haute efficacité énergétique n'est pas l'unique priorité. Il est crucial d'en apprendre davantage sur le comportement des occupants, sur leur mode de vie ainsi que sur certains de leurs actes, qui peuvent jouer sur leur consommation d'énergie. L'un des défis majeurs est d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments existants. L'Agence Suédoise pour l'Energie insiste sur le fait que le secteur du bâtiment et de la construction est un secteur stratégique et prioritaire en termes de recherche et d'innovation pour les années à venir. Elle finance à hauteur de 20 millions de SEK (environ 2 millions d'euros) un nouveau programme de recherche et d'innovation dans ce domaine. Des fonds supplémentaires pour un plus large programme collaboratif avec l'industrie dans ce domaine seront également une priorité. Une évaluation gouvernementale sur les bâtiments à basse consommation énergétique montre que bien que ces bâtiments consomment moins d'énergie lorsqu'ils sont habités, les investissements supplémentaires dans l'enveloppe des bâtiments et des installations sont difficilement amortissables par la simple réduction du coût du chauffage pendant l'utilisation du bâtiment. Cependant, d'un point de vue environnemental, il est bénéfique de construire de nouveaux bâtiments avec une efficacité énergétique très élevée. Sur toute la durée de vie d'un bâtiment, y compris sa phase d'habitation, l'effet bénéfique d'une haute efficacité énergétique du bâtiment est indéniable pour l'environnement.

1. Rénovation et efficacité énergétique

Une grande partie des logements suédois ont été construits dans les années 1965-1975. Améliorer l'efficacité énergétique de ces bâtiments en les rénovant permettrait de réduire considérablement leur consommation d'énergie. Ceci est une priorité du gouvernement, qui aide les propriétaires à financer la rénovation de leurs habitations en vue d'améliorer leur efficacité énergétique et d'encourager l'innovation dans ce domaine. Le gouvernement compte également renforcer le rôle du citoyen dans la lutte contre le gaspillage d'énergie en mettant en place, à l'échelle municipale, des recommandations sur le climat et l'énergie. Une stratégie nationale pour rénover et améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments a été présentée, et encourage l'utilisation d'instruments efficaces au regard des coûts de rénovation. La stratégie expose aussi un certain nombre d'obstacles à contourner pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments.

2. Une ville intelligente et écologique – l'aménagement du Royal Seaport

Un nouveau quartier de Stockholm est en train de développer un réseau électrique intelligent. L'énergie solaire et éolienne seront utilisées davantage et la demande d'électricité sera gérée de façon plus intelligente. Le quartier participera aussi au développement de la connaissance :

les résidents auront la possibilité de voir quel type d'énergie ils utilisent, quel en est l'impact sur l'environnement, et combien elle coûte. Enfin, et c'est peut-être le plus important, les résidents pourront avoir une consommation d'électricité écoresponsable grâce à des systèmes de communication, de prises, de thermostats et d'autres appareils intelligents.

3. Les incitations à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments.

Une initiative pour réduire la consommation en énergie des bâtiments a été présentée en 2006 dans une loi appelée « loi de déclaration énergétique » qui oblige les propriétaires à déclarer la consommation énergétique ainsi que l'environnement intérieur de leur maison. Ces déclarations énergétiques prennent en compte, entre autres, l'information sur la superficie chauffée de la maison, l'énergie utilisée pour le chauffage, l'utilisation de la climatisation et de l'eau chaude, en vue de produire des propositions d'action pour réduire la consommation en énergie. Cette loi recommande aussi certaines mesures rentables pour améliorer l'efficacité énergétique des maisons.

Les baux écologiques ont été instaurés afin de diminuer l'impact écologique de certains locaux commerciaux. Les baux précisent les actions que les locataires et les propriétaires se sont engagés à suivre en vue de réduire leur impact écologique, tant au point de vue de leur consommation énergétique que des matériaux exploités et jetés. Ces baux écologiques invitent, dans l'intérêt commun, à mettre en place des mesures pour améliorer l'efficacité énergétique. Cependant, un retour d'expérience nous a montré qu'il peut être difficile de changer la structure de baux déjà existants, dans la mesure où ces modifications sont associées à des frais de transaction ainsi qu'à des accords entre divers groupes. Par ailleurs, un bail de courte durée ne laisse pas suffisamment de temps pour des travaux à long terme sur l'efficacité énergétique. En conclusion, la séparation de la propriété et de l'utilisation n'est donc pas optimale au point de vue de l'efficacité énergétique.

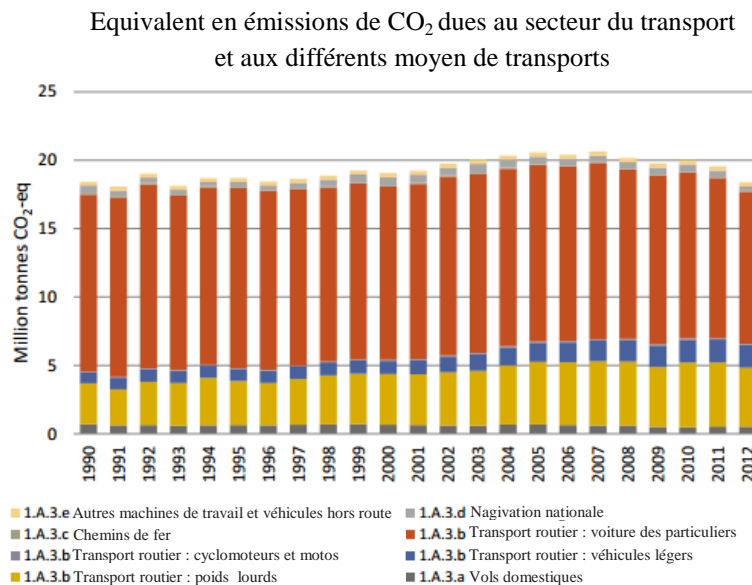
4. Un vaste programmes de recherche dans le domaine du rendement énergétique des bâtiments et au quotidien.

E2B2 est le programme de recherche suédois le plus important jamais lancé dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments et au quotidien. L'objectif en est d'améliorer le rendement énergétique d'un espace bâti par la recherche, le développement, l'innovation et la démonstration pédagogique. Il s'agit d'un vaste programme de recherche qui s'intéresse à la globalité du cycle de vie des bâtiments, depuis la planification du chantier jusqu'à la démolition, en passant par les étapes de production ou de rénovation. Le programme prend aussi en compte les recherches sur les choix, le comportement et le mode de vie des résidents, pour comprendre leurs habitudes de consommation énergétique.

Innovation, transports, mobilité

Environ 40% des émissions de gaz à effet de serre proviennent en Suède du secteur du transport (en incluant l'aviation). Après un pic en 2005, les émissions ont légèrement baissé. Le trafic routier est responsable de la plus grande part de ces émissions. La quantité de gaz à effet de serre émis a augmenté entre 1990 et 2005, avant d'atteindre un palier, et a depuis diminué, certainement en raison de la part accrue des carburants renouvelables, de la

meilleure efficacité énergétique des véhicules, et d'une consommation moindre en carburant conventionnel, parallèlement au ralentissement économique des années 2008 et 2009.



1. Les initiatives gouvernementales pour réduire l'impact écologique du secteur du transport

La taxe sur le carbone a joué depuis le début des années 1990 un rôle essentiel dans la réduction des émissions de carbone en Suède. D'autres mesures telle que l'évolution des technologies, des moyens d'information, des taxes différenciées sur les véhicules et les subventions d'investissement ont contribué à réduire les émissions de gaz à effet de serre. La stratégie suédoise pour le climat se concentre principalement sur des instruments financiers généraux tels que la taxe sur le carbone ou les échanges de quotas d'émission. Dans le secteur du transport, la réglementation des émissions de CO₂ des nouvelles voitures a aussi contribué à diminuer ces émissions en Suède. Le gouvernement actuel a désigné un chercheur pour qu'il soumette des propositions sur un système de malus et de bonus environnementaux. Les nouveaux véhicules avec un faible taux d'émission de carbone pourraient bénéficier d'un bonus écologique pour faciliter leur vente, alors que les véhicules avec un taux d'émission plus élevé seraient soumis à une fiscalité moins avantageuse.

2. Des programmes stratégiques d'innovation dans le secteur du transport

Infrasweden 2030 est un nouveau programme stratégique d'innovation afin de générer de nouvelles idées innovantes et de mettre ces innovations au service de la société. Il ne s'agit pas de s'intéresser uniquement à l'aspect technologique, mais aussi de prendre en considération les aspects sociaux et institutionnels. Une approche globale sera appliquée pour comprendre comment différentes technologies peuvent interagir, et comment les utilisateurs se servent de cette technologie. Ce programme réunira les dernières technologies dans le domaine des sciences des matériaux, de l'automobile, de l'information et de la communication, et des technologies des routes et des rails. L'homologation ainsi que des simulations de *business games* permettront de mettre au point des stratégies pour innover. Un autre programme stratégique appelé Système de Transport Automatisés examine le rôle du

conducteur dans le système du transport, et étudie les façons dont il pourrait être assisté ou remplacé par des TICs avancées qui concerneront tant les mouvements du véhicule que toute l'infrastructure.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

L'activité agricole produit en Suède l'équivalent de près de 10 millions de tonnes de CO₂ chaque année. Le dioxyde de carbone provenant de la culture des plantes et de l'élevage animal, le protoxyde d'azote dû à l'engrais et au fumier et le méthane dû à la fermentation entérique et à la gestion du fumier représentent la majeure partie des émissions. Ces émissions ont diminué de 16% depuis 1990. La production agricole suédoise est aussi responsable d'émissions de gaz à effet de serre dans d'autres pays, en raison de l'importation d'engrais minéraux et de fourrage. Le Comité Suédois de l'Agriculture a cartographié l'impact du dérèglement climatique sur l'industrie agricole suédoise sur les 25 ans à venir. Les scénarios du changement climatique annoncent une augmentation des capacités de production dans les pays nordiques, ce qui représente une opportunité pour l'agriculture suédoise, mais indique aussi des risques plus importants tels que de nouvelles maladies animales ou végétales, ou des conditions météorologiques extrêmes tels que vagues de chaleurs, inondations ou sécheresse.

1. L'agriculture de demain – un projet de recherche interdisciplinaire

L'Agriculture de Demain – Bétail, Récolte et Usage des Terres est une plateforme de recherche multidisciplinaire lancée par des chercheurs de l'Université Suédoise des Sciences Agricoles (SLU) en collaboration avec l'industrie, des groupes d'intérêt et des organismes gouvernementaux. Les travaux se concentrent majoritairement sur la Suède et les pays scandinaves, tout en essayant de garder une vision plus globale. Au sein de ce programme, les chercheurs du secteur agricole développent, avec des agences gouvernementales et des ONG, des projets de recherche sur l'utilisation durable des ressources naturelles, en portant une attention particulière à la production agricole et à l'utilisation des terres. Six défis majeurs pour la recherche agricole ont émergé de cinq scénarios prospectifs : réduire l'impact environnemental de l'agriculture et limiter le changement climatique; donner des réponses aux attentes sociétales et contribuer aux stratégies politiques ; adapter les pratiques agricoles au changement climatique ; gérer les risques d'aujourd'hui et prévoir ceux de demain ; l'agriculture et le développement rural ; résoudre les conflits relatifs à l'occupation des terres.

2. Pour un meilleur rendement, et un recyclage des aliments – les aspects cruciaux

Une meilleure efficacité est essentielle pour réduire l'impact de l'agriculture sur l'environnement. Les systèmes de haute productivité qui minimisent les pertes d'énergie et de matériaux sont nécessaires. Le recyclage des nutriments et autres matières à la ferme, ou entre les zones rurales et urbaines, est aussi une question cruciale. Un autre point essentiel est de savoir jusqu'où le rendement peut-être amélioré et comment l'impact écologique peut être limité par des systèmes de production intégrés (c'est à dire les cultures et le bétail, ou les cultures et les arbres), au niveau de la ferme, du paysage ou de la région – tout en prenant en compte les besoins en transport. Les avantages et les limites d'utilisation des nouvelles technologies au sein des systèmes de production devraient aussi être étudiées et évaluées. Cela nécessite une excellente compréhension de l'agriculture en tant que système écologique

ainsi que de la façon dont la technologie peut être utilisée pour renforcer des processus écologiques.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

1. Les villes durables intelligentes – la solution des TIC doit être étudiée attentivement.

Plusieurs études ont montré que les TIC peuvent être utilisés pour atteindre des objectifs sur le climat des villes, en réduisant l'utilisation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre dans divers secteurs tels que l'énergie, le transport, l'agriculture, le bâtiment, la production et les services au consommateur. Une étude récente, s'intéressant au mode de vie fondé sur la consommation, a conclu que les « hotspots » (foyers utilisant beaucoup d'énergie et où l'implantation des TIC est envisageable) présentent le plus important potentiel de réduction d'énergie. Les TICs rendront possible l'utilisation des technologies dans de vastes systèmes socio-techniques, où d'autres facteurs que ceux purement techniques vont jouer un rôle. Sans une mise en place judicieuse de ces technologies, combinées avec d'autres mesures, les TICs risqueraient d'augmenter la consommation énergétique plutôt que de la réduire. Cette augmentation se ferait soit directement, soit indirectement, au sein des systèmes énergétiques ou de la société, ce qui est souvent appelé l'effet boomerang. Une étude suédoise démontre qu'un certain décalage existe entre les objectifs des villes en termes de climat et les opportunités offertes par les TICs. Les objectifs de la ville de Stockholm couvrent seulement 50 à 60% du total de l'énergie utilisée, selon des calculs fondés sur la consommation. Un tel objectif ne suggère pas seulement qu'il n'y a aucune observation sur une large proportion de la consommation énergétique, mais aussi la présence de risques dus au nombre trop important de mesures qui sont actuellement négligées. Afin de transformer ces opportunités en réelles économies d'énergie, les villes doivent examiner ces possibilités rigoureusement et étudier comment exploiter le mieux possible la mise en oeuvre des diverses solutions offertes par l'utilisation des TICs.

2. Développement de solutions neuves et innovantes, en collaboration avec les citoyens

Le West Harbor de Malmö, en Suède, présente un exemple d'implication des citoyens dans l'utilisation des technologies intelligentes. Sept logements de conception intelligente, gérés par l'entreprise énergétique E.ON, étudient de nouvelles façons de générer et d'utiliser l'énergie, en lien avec les résidents. Le quartier est alimenté grâce aux énergies solaire, éolienne et hydraulique et aux bioénergies. Les habitants produisent leur propre énergie, contrôlent son usage et testent les solutions énergétiques les plus efficaces, sans sacrifier leur confort. De surcroît, la majeure partie des résidents dispose d'un accès à l'électricité ou au biogaz, de façon à évaluer diverses options de transport durable. L'objectif est d'introduire ces "solutions intelligentes" dans d'autres domaines, à partir des expériences menées dans ces logements. Toutefois, il existe à la fois des obstacles organisationnels et législatifs à ce projet, identifiés à la suite d'une enquête auprès de l'entreprise, des habitants et des autres organismes impliqués. Les freins organisationnels sont liés à la complexité du modèle économique, et aux difficultés que rencontrent certaines entreprises pour coopérer au sein d'un modèle énergétique holistique. Les obstacles législatifs sont liés à la difficulté de revendre au réseau une énergie renouvelable produite localement.

Suisse

La politique climatique suisse

La Suisse poursuit une politique dynamique en vue de réduire les gaz à effet de serre et contribue à l'objectif international de limiter le réchauffement climatique à deux degrés. La loi sur le CO₂, noyau central de la politique climatique suisse, vise une réduction des émissions suisses intérieures d'environ 20% par rapport aux valeurs de 1990 d'ici 2020. La loi se préoccupe principalement des centrales thermiques à énergie fossile et des carburants automobiles, mais prend aussi en compte d'autres gaz à effet de serre, en plus du CO₂. Enfin, le gouvernement fédéral s'est vu attribuer le rôle de coordonner les actions d'adaptation au changement climatique (Office Fédéral pour l'Environnement, FOEN, 2015a).

En 2013, les gaz à effet de serre relâchés dans l'atmosphère en Suisse représentaient 52,6 millions de tonnes d'équivalent CO₂, soit 6,5 tonnes par habitant (FOEN, 2015b). C'est le secteur du transport qui est responsable de la plus grande proportion (31%) d'émission de gaz à effet de serre en Suisse. Ces émissions ont augmenté de 10% depuis 1990 et la circulation routière, responsable de 99% de ces émissions, en est la principale source (FOEN, 2015c). Etant donnée l'importante contribution de ce secteur, cet article s'intéresse au domaine du transport et de la mobilité. Deux études faites par la TA-SWISS sont-ici abordées : La première examine les possibilités et les défis de la technologie des biocarburants de seconde génération, la seconde traite du thème de la mobilité électrique.

Innovation, transports, mobilité : les biocarburants

Les biocarburants faits à partir de ressources renouvelables ont été sévèrement critiqués. Les cultures énergétiques sont en concurrence directe avec la production alimentaire et la conservation de la biodiversité. De plus, l'impact écologique de la production des biocarburants est souvent pire que celui des carburants fossiles. Un nouvel espoir apparaît sur la technologie des biocarburants de seconde génération. En plus des huiles, du sucre et de l'amidon, des composés ligno-cellulosiques peuvent aussi être transformés en carburant. Cela conduit à un rendement de conversion plus élevé et rend possible l'utilisation de matières premières alternatives comme le bois, l'herbe ou les biodéchets, qui servent alors de matières premières plus durables.

L'étude du TA-SWISS montre qu'au niveau de la chaîne de valeur, la viabilité de ces biocarburants de seconde génération dépend principalement du choix des matières premières. L'utilisation des déchets tels que le fumier, les biodéchets ou les résidus de bois permet d'aboutir à un fort potentiel de durabilité et à une importante économie d'émission de gaz à effet de serre. Cependant, si de la matière première de seconde génération doit être cultivée de façon agricole ou par sylviculture, comme c'est le cas pour les terres de pâturage ou les cultures de bois à courte rotation, l'exploitation des terres doit être substantielle pour aboutir à un volume pertinent de carburant. Cela augmente la pression exercée par la surexploitation des terres sur les zones naturelles, menaçant ainsi la biodiversité.

Bien qu'une production durable de biocarburant soit en principe réalisable, une production à grande échelle de biocarburants de seconde génération est limitée : soit par la rareté des terres exploitables, soit par un manque de déchets utilisables comme matière première, soit - dans le cas de carburants faits à partir d'algues – par des coûts trop élevés et une trop forte consommation en énergie.

Les biocarburants ainsi que la filière de la mobilité électrique n'étant pas encore considérés comme économiquement compétitifs, les politiques de réglementation auront un rôle clé quant au succès des biocarburants de seconde génération. Il est de la première importance d'augmenter l'efficacité énergétique du réservoir à la roue (tank-to-wheel efficiency) des moteurs à combustion interne. Diminuer la consommation moyenne du parc automobile de 7,9 l/100km à 4l/100km aux environs de 2030 permettrait de doubler le potentiel d'une mobilité plus biologique et plus durable, et de la porter à 15%, tout en augmentant aussi sa durabilité.

En résumé, les biocarburants de seconde génération permettent une mobilité plus durable que les carburants fossiles ou que les biocarburants de première génération qui reposent sur l'agriculture. Cependant, en raison des quantités limitées, à la fois en déchets utilisés en matière première et en surface de terres exploitables, la mobilité durable, produite par des bioénergies, ne peut alimenter, au grand maximum, que 8% du volume des transports de particuliers en Suisse, à efficacité énergétique constante. Néanmoins, les biocarburants de seconde génération peuvent jouer un rôle complémentaire et significatif dans le futur, en particulier dans les transports de longue distance ou dans le domaine de l'aviation, où la mobilité électrique est moins appropriée.

Cinq propositions pour exploiter le potentiel des biocarburants

- Des progrès dans l'efficacité énergétique des véhicules et dans l'utilisation plus durable des biocarburants de première génération doivent être faits simultanément. Cela vaut aussi pour l'utilisation hybride des biocarburants de seconde génération couplée avec des technologies de mobilité électrique.
- Des initiatives doivent être lancées pour rassembler tous les acteurs nécessaires à la gestion des ressources durables, tant à l'échelle nationale qu'internationale.
- Une attention particulière doit être mise sur l'approvisionnement en matières premières, et par conséquent, sur la promotion de l'utilisation des déchets et du bois comme matière première, ainsi que de la culture de plantes sur des terres qui n'étaient avant que de faible importance pour l'industrie agricole.
- Les méthodes largement adoptées et acceptées doivent être développées pour identifier et prévoir des effets secondaires indésirables et indirects des biocarburants.
- La vision des évaluations sur les biocarburants doit sortir d'une approche unilatérale trop focalisée sur l'équilibre en CO₂ et doit désormais aussi prendre en compte davantage l'aspect social et écologique.

Innovation, transports, mobilité : la mobilité électrique

Les voitures électriques représentent un grand espoir le transport durable, ou au moins, pour aboutir à un transport moins polluant. En règle générale, les véhicules électriques augmentent l'efficacité énergétique dans le secteur du transport et diminuent la dépendance par rapport

aux carburants conventionnels comme le pétrole et le diesel. Grâce à son bouquet énergétique diversifié, dans lequel l'énergie hydroélectrique prédomine, la Suisse dispose de bonnes conditions pour générer de l'énergie écologique en vue d'alimenter des véhicules électriques. De plus, le déploiement majeur d'énergies renouvelables peut-être justifié par l'arrivée des véhicules électriques, comme une source locale de stockage d'énergie.

Cependant, pour profiter au mieux des avantages écologiques de ces carburants alternatifs, un certain nombre de conditions doivent être réunies. Le marché de l'automobile devient de plus en plus exigeant puisque les véhicules fonctionnant aux carburants conventionnels s'améliorent continuellement en augmentant leur efficacité énergétique et en diminuant leurs émissions de CO₂. Une voiture compacte qui, aujourd'hui, consomme en moyenne 7,5l d'essence pour faire 100km, pourrait n'en utiliser plus que 4,8 d'ici 2035, ce qui représente une diminution de la consommation d'essence de plus d'un tiers. Ce même modèle de voiture qui, cette fois, fonctionne à l'électricité, pourrait diminuer sa consommation énergétique de 24kWh/100km à 16kWh/100km d'ici 2035, grâce à des améliorations sur des systèmes auxiliaires tels que le système de refroidissement ou le conditionnement de la batterie. Ceci correspondrait à une diminution des émissions de CO₂ d'environ 30%.

En faisant une évaluation sur le cycle de vie complet d'une voiture électrique, on observe que, du fait de la pollution émise lors de leur processus de fabrication, l'empreinte écologique globale des véhicules électriques est comparable à celle des voitures conventionnelles. En prenant en compte l'intégralité du cycle de vie d'une voiture électrique, 90% des émissions de gaz à effet de serre sont produites lors de la phase de fabrication. Ceci est à comparer avec 25% dans le cas des voitures de taille intermédiaire, pouvant aller jusqu'à 40% sur le long terme.

Pendant l'utilisation d'un véhicule, la pollution environnementale dépend de la consommation du véhicule. Dans le cas d'un véhicule électrique, celle-ci dépend du bouquet énergétique du pays dans lequel il roule. Par rapport à d'autres pays, la Suisse possède un des bouquets énergétiques émettant le moins de CO₂ car il fonctionne majoritairement à l'énergie hydroélectrique et nucléaire. Conduire une voiture électrique qui est rechargée en Suisse produit ainsi 70% de gaz à effet de serre en moins qu'une voiture similaire qui fonctionnerait aux carburants conventionnels. En revanche, si une voiture électrique est rechargée sur un bouquet énergétique équivalent au bouquet moyen européen, dans lequel 52% de l'énergie provient de carburants fossiles, alors cette dernière ne produirait que 20% de moins de gaz à effet de serre qu'une voiture conventionnelle.

Les auteurs estiment qu'en 2025, en moyenne, une voiture sur dix fonctionnera à l'électricité, et qu'en 2035, une voiture produite sur deux sera électrique. Malgré l'augmentation prévue de la circulation routière de 24%, compte tenu des précédentes observations, les émissions de gaz à effet de serre dues au transport devraient diminuer de 10% d'ici 2020 et de 20 à 35% d'ici 2035.

Plus les mesures politiques en matière d'énergie promouvront l'efficacité énergétique des nouvelles voitures, plus le secteur de la mobilité électrique se développera rapidement. Les voitures électriques ont une très bonne efficacité énergétique, et les véhicules de petite ou moyenne taille sont bien adaptés pour fonctionner à l'électricité – grâce aux avancées dans le domaine des batteries, qui faciliteront leur usage dans le futur. Par conséquent, un soutien ciblé aux véhicules électriques ne semble pas être nécessaire.

A l'avenir, l'efficacité énergétique des véhicules s'améliorera plus vite que le volume de transport n'augmentera. Cela signifie donc une baisse du taux d'émissions de CO₂ mais aussi une diminution des recettes publiques provenant des taxes sur les carburants. En effet,

l'électricité qui alimente les véhicules électriques n'est pas davantage taxée que l'électricité qu'on utilise aujourd'hui conventionnellement. Ainsi, la démocratisation des véhicules électriques pourrait s'accompagner d'une volonté politique de passer à un système fiscal prenant en compte les distances parcourues. L'étude du TA-SWISS recommande aussi de réfléchir à cette taxe sur les distances parcourues en prenant en compte l'efficacité énergétique des véhicules. Ceci éviterait le risque qu'un tel système fiscal ralentisse l'entrée sur le marché des véhicules électriques. Pour empêcher certaines conséquences négatives dues à l'apparition de ces véhicules plus écologiques et moins coûteux énergétiquement, une augmentation générale du coût de la mobilité est nécessaire afin de prévenir un accroissement global du volume du transport.

Recommandations essentielles pour une utilisation durable de la mobilité électrique :

- Introduire un nouveau modèle économique viable des transports en prenant en compte la diminution prévisible des taxes sur les carburants conventionnels.
- Les taxes sur la mobilité doivent être pensées en vue de favoriser les véhicules énergétiquement efficaces ainsi qu'une utilisation combinée des moyens de transport publics et privés.
- Certains avantages concernant l'homologation des véhicules doivent être accordés aux véhicules de haute efficacité énergétique. Ceci ne doit pas seulement prendre en compte la consommation énergétique du véhicule pendant son utilisation, mais aussi son empreinte écologique globale sur tout son cycle de vie.
- Afin d'éviter certaines conséquences négatives de l'introduction sur le marché de véhicules écologiques coûtant moins cher en carburant, comme par exemple l'augmentation du volume du transport routier, il est nécessaire d'augmenter de façon globale le coût de la mobilité.
- Des réglementations sur la fabrication et sur le recyclage doivent être instaurées afin de diminuer l'utilisation de matières premières brutes et d'assurer que les matériaux utilisés puissent être recyclés.

Conclusion

Ces deux études du TA-SWISS montrent que les biocarburants et la mobilité électrique pourraient aider à limiter les émissions nocives de CO₂ et à diminuer la dépendance de la Suisse aux énergies fossiles. Cependant, il faut bien prendre en compte les différentes sources énergétiques de ces deux technologies. Les biocarburants ne sont durables que s'ils sont produits à partir de déchets ; de même, la mobilité électrique n'est écologique que si les batteries sont rechargées par une électricité produite par des énergies renouvelables ou n'émettant que peu de CO₂.

Au total, la mobilité électrique semble être plus prometteuse que les biocarburants de seconde génération. Néanmoins, les biocarburants peuvent jouer un rôle complémentaire, en particulier pour les transports de longues distances ou dans le secteur de l'aviation. Ainsi, ces deux technologies doivent être considérées comme complémentaires et nous devons être capables de les promouvoir simultanément, tout en améliorant l'efficacité énergétique des véhicules.

Union Européenne

Introduction

En prenant en compte les caractères spécifiques du STOA (Science and Technology Options Assessment), qui, à la différence des autres membres de l'EPTA, fait des recommandations au parlement européen (PE), sans être rattaché à un pays en particulier, cette contribution se fera à l'échelle européenne. L'objectif est double :

- décrire de façon succincte, l'état d'avancement, au niveau législatif, de l'Union Européenne (UE), ainsi que les principaux défis, dans les quatre secteurs proposés par les organisateurs de la conférence ;
- donner des résultats (solutions politiques envisageables et évaluées) issus d'études sélectionnées récemment réalisées par le STOA, en adéquation avec les thèmes de la conférence.

Innovation et efficacité énergétique dans les bâtiments

Le secteur du bâtiment est considéré comme étant une des principales sources de consommation d'énergie à l'échelle européenne, ainsi que tenu responsable d'une partie majeure des émissions de CO₂ en Europe. Il faut ainsi prendre impérativement en compte le secteur du bâtiment pour réfléchir aux stratégies européennes visant à améliorer l'efficacité énergétique et à combattre le changement climatique. L'Union Européenne a adopté une grande variété de mesures énergétiques, tout en intégrant des clauses d'efficacité énergétique dans certains instruments politiques actuels (telle l'application de critères prenant en compte l'efficacité énergétique dans les procédures de fournitures). En plus de ces initiatives législatives, une série d'instruments financiers ont aussi été adoptés au niveau européen, afin de stimuler la mise en œuvre de ces mesures d'un point de vue social et financier.

Selon la Directive sur l'Efficacité Énergétique (2012/27/EU), les Etats membres de l'UE doivent :

- réhabiliter les principaux bâtiments gouvernementaux pour améliorer leur efficacité énergétique ;
- acheter des bâtiments seulement si une bonne efficacité énergétique a été garantie ;
- mettre en place une stratégie à long-terme pour la réhabilitation des bâtiments à l'échelle nationale.

Depuis 2010, l'objectif espéré d'une amélioration de 20% de l'efficacité énergétique devrait être réalisé, en partie grâce à la mise en œuvre de la Directive pour la Performance Énergétique des Bâtiments (2010/31/EU). Cette directive exige la délivrance d'un certificat de performance énergétique des bâtiments avant leur vente ou leur mise en location au sein de l'UE. La directive prescrit une inspection, ou des mesures équivalentes, pour le chauffage et l'air conditionné. Pour la première fois, un instrument juridique européen de ce genre fixe une date avant laquelle tous bâtiments devront avoir une consommation énergétique quasi nulle (avant le 31 décembre 2020, et le 31 décembre 2018 pour les bâtiments publics). La directive

introduit de plus un seuil minimum d'efficacité énergétique pour les nouveaux bâtiments ainsi que pour les travaux de réhabilitation, ou pour le remplacement de matériaux de construction. Les Etats membres doivent aussi introduire des mesures financières à l'échelle nationale, afin d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. La Commission européenne (CE) a récemment augmenté de 7% l'objectif fixé pour 2030 pour améliorer l'efficacité énergétique, par la Communication de 2014 sur l'Efficacité Energétique.

Même si certains Etats membres, comme la France ou l'Allemagne, mettent en place des prêts préférentiels et des déductions fiscales allant jusqu'à 30% du prix des réhabilitations en efficacité énergétique, pour atteindre les objectifs de la directive, la mise en œuvre globale de la directive n'a pas été satisfaisante. Un rapport d'avancement de la Commission Européenne de 2013 montre que les Etats membres doivent faire davantage d'efforts pour atteindre l'objectif des bâtiments à consommation quasi-nulle. Selon ce même rapport, le taux global d'augmentation de l'efficacité énergétique des bâtiments a été limité à 1,4% par an, avec 64 % de chauffages énergivores et 44 % de fenêtres ayant toujours un simple-vitrage.

Alors que des problèmes majeurs sont identifiés, un lent processus de mise en œuvre se met en place. La crise financière a réduit la capacité de certains Etats membres, ainsi que d'une partie de la société, à bénéficier des investissements d'amélioration de l'efficacité énergétique. De plus, il y a un manque de mesures incitant le consommateur à améliorer la performance énergétique de son logement, qui pourraient stimuler les processus de réhabilitation des bâtiments. L'introduction d'objectifs obligatoires pour la réhabilitation des bâtiments publics, l'introduction d'un critère de dépenses publiques en faveur de l'efficacité énergétique, ainsi que le déploiement d'Entreprises de Services Energétiques comme catalyseurs pour la réhabilitation, sont des mesures qui pourraient renforcer la mise en œuvre de la directive.

Innovation, transports, mobilité

1. L'état d'avancement de la législation européenne

La Directive pour les Systèmes de Transport Intelligents (STI) (2010/40/EU) établit les fondements pour le déploiement coordonné de l'utilisation des STI à travers l'Europe en indiquant quelques actions prioritaires :

- mettre en place dans l'ensemble de l'Europe un système d'information sur les services de transport multimodaux et (b) sur l'état de la circulation routière en temps réel ;
- générer des données et des mesures afin d'informer, si possible, sur la sécurité routière, de façon gratuite ;
- harmoniser le déploiement d'un système d'eCall paneuropéen ;
- mettre en place des services de réservation de places de parking sécurisées pour camions.

La mise en œuvre et la spécification (principalement par des actes d'application) de la Directive STI s'est avérée un succès en général, particulièrement après la toute récente adoption de la Règlement 2015/758 concernant les prescriptions pour l'homologation du déploiement du système embarqué de eCall, fondé sur le service 112. Néanmoins, le déploiement rapide des nouvelles technologies du transport a permis d'identifier de nouvelles priorités, par rapport à celles indiquées en Annexe 1 de la Directive.

Le défi majeur fut l'adoption des spécifications nécessaires - comprenant des prestations fonctionnelles, techniques, organisationnelle ou de services – afin de garantir que les STI sont déployés et utilisés en adéquation avec ces domaines prioritaires (informations en temps réel sur la circulation et les services de transports multimodaux), quand aucune législation de l'UE n'a été prise.

2. Les études pertinentes du STOA :

Face aux carburants fossiles qui se font de plus en plus rares ainsi qu'à l'impact inquiétant des émissions de gaz à effet de serre sur l'environnement, il est devenu crucial d'envisager des alternatives aux carburants actuellement utilisés dans le secteur du transport. En plus de rendre le transport plus efficace et moins nuisible à l'environnement, il est nécessaire que l'utilisateur devienne plus averti et écoresponsable en vue d'un système plus viable à l'avenir.

Les questions du transport sont traitées par le STOA au sein de l'axe prioritaire de réflexion : « l'efficacité énergétique du transport et de la mobilité ». Au cours de ces dernières années, le STOA a réalisé un certain nombre d'études examinant les options envisageables pour parvenir à un système de transport plus éco-efficace, comme par exemple réduire le besoin des Etats membres d'importer du pétrole, et aider l'Europe à faire face au changement climatique.

Les principales conclusions que tirent les études du STOA précédemment citées sont les suivantes :

- La transition vers un système de transport plus éco-efficace et moins nuisible à l'environnement sera bénéfique à la croissance économique. L'étude du STOA « *le futur du transport éco-efficace pour l'Europe* » (2013) a montré que pour optimiser l'éco-efficacité, une approche plus globale et une vision systématique doivent être adoptées. Les choix politiques comprennent des améliorations concernant les carburants et les technologies de l'information, l'attention portée à des facteurs non techniques (tels que le prix de certaines technologies, des questions d'infrastructures, le manque de coordination politique), et l'intérêt pour les préoccupations des utilisateurs finaux, leurs préférences et leurs habitudes.
- Les systèmes de transports pourraient changer radicalement grâce à l'utilisation de nouvelles technologies. Nous comprenons désormais que l'augmentation du transport urbain peut avoir un impact désastreux sur notre santé et sur la qualité de vie des populations urbaines ainsi que sur la qualité de l'environnement. C'est pour cela que l'étude de 2012 « *Les choix technologiques dans le domaine du transport urbain* » propose une stratégie pour encourager le développement et le déploiement de systèmes de transport plus efficaces fondée sur : (i) la réduction de l'utilisation du carbone (les carburants propres, et les technologies de propulsion, l'optimisation du flux des transports) ; (ii) un encouragement des usagers à se tourner vers des modes de transport plus écologiques, et (iii) le développement de « l'accessibilité virtuelle » grâce aux technologies, afin de faire des économies en termes de déplacement (par exemple, la vidéo-conférence).
- Il y a de nombreuses alternatives minimisant les émissions de carbone, par rapport au système de transport européen actuel et la nécessité d'aller dans cette direction fait l'objet d'un consensus. Le rendement relatif de ces alternatives doit être évalué. Dans ce contexte, le STOA a publié en 2014 une étude intitulée « *Le méthanol : un carburant futur fonctionnant à l'hydrogène et au dioxyde de carbone ?* ». Cette étude montre que le défi majeur pour utiliser le méthanol comme carburant est le développement du procédé

chimique pour capter le CO₂ et pour le convertir en méthanol tout en évitant de préférence l'addition d'hydrogène via l'hydrogénation, car cela pourrait augmenter la consommation énergétique.

- Les systèmes d'énergies renouvelables vont progressivement remplacer les carburants fossiles au sein des bouquets énergétiques des Etats membres de l'UE. L'étude du STOA de 2011 intitulée « *la demande future en métal des technologies photovoltaïques et éoliennes* » s'est penchée sur un type de difficulté que devra affronter le déploiement des énergies renouvelables : la nécessité de garantir un approvisionnement adéquat en matières premières utilisées dans les panneaux solaires et les éoliennes, face à l'éventuelle augmentation de la demande. Il est impératif d'éviter tout effet de goulot dans l'approvisionnement des matières premières, qui pourrait ralentir la transition vers une économie bas carbone dans le cadre d'une politique du changement climatique.

L'innovation pour nourrir le monde avec des émissions minimales de gaz à effet de serre

1. L'état d'avancement de la législation européenne

La viabilité sociale et environnementale des biocarburants est devenue une des questions majeures concernant le lien entre la production alimentaire et le changement climatique. La demande croissante à travers le monde pour des biocarburants et bioliquides, ainsi que les incitations européennes pour leurs utilisations, ont conduit l'UE à introduire un critère de viabilité pour les biocarburants et les bioliquides. Il manque cependant un système de certification paneuropéen pour des biocarburants durables. A la place, la législation européenne sur les biocarburants prévoit une mise en oeuvre via des accords volontaires ou nationaux.

La production de biocarburants est directement liée au changement d'utilisation des terres. Leur production peut en effet déplacer la culture et la production alimentaire sur des terres qui n'étaient précédemment pas utilisées pour l'agriculture, telles que les forêts, ce qui entrainerait ainsi une augmentation nette de l'émission de gaz à effet de serre. Pour combattre les changements indirects d'utilisation des terres, il a été proposé, sans succès, de modifier la législation actuelle européenne en termes de biocarburants (principalement avec la Directive pour les Energies Renouvelables et la Directive pour la Qualité des Carburants).

De plus, la stratégie européenne de 2020 pour une meilleure gestion des ressources en Europe, prône une utilisation plus efficace des ressources : il s'agit de « trouver des moyens pour réduire les intrants, minimiser le gaspillage, améliorer la gestion des stocks, changer nos façons de consommer, optimiser les procédés de production, améliorer nos méthodes de gestion et commerciales ainsi que la logistique ». Cependant, aucune approche n'est proposée et aucun objectif n'est fixé pour atteindre ce but.

Le plan d'action pour une meilleure gestion des ressources en Europe est dans la continuité de ce qui précède. Il souligne l'érosion des ressources naturelles européennes du fait de la demande mondiale qui ne cesse d'augmenter, particulièrement dans le domaine de la nourriture. Ce plan d'action prône « d'encourager une production et une consommation plus saine et plus durable » et de réduire de moitié le gaspillage alimentaire en Europe d'ici 2020. Parallèlement, la Commission Européenne a entrepris une étude pour limiter le gaspillage

alimentaire au sein des chaînes logistiques et réduire l'impact de la production et de la consommation alimentaire sur l'environnement.

Le rapport EP2011/2175(INI) sur « comment éviter le gaspillage alimentaire : les stratégies pour une chaîne alimentaire plus efficace en Europe » encourage aussi fortement les actions dans ce domaine. Le rapport demande à la Commission « de mettre en place des mesures pratiques pour réduire de moitié le gaspillage alimentaire d'ici 2025 tout en évitant la production de déchets biologiques ».

2. Les études pertinentes du STOA

a) « Les choix technologiques pour nourrir 10 milliards de personnes » (2013)

Les idées concernant l'avenir du système mondial alimentaire sont remarquablement diverses. L'augmentation de la productivité agricole ne suffira pas à elle seule pour faire face aux défis qui nous attendent. Les Etats membres de l'UE peuvent s'appuyer sur un système alimentaire et agricole productif, des terres relativement robustes, un grand nombre de systèmes agricoles efficaces, de bonnes infrastructures et des services de soutien, une main d'œuvre hautement qualifiée, des capacités d'investissement adéquates et des institutions de recherche de premier ordre. Un vaste projet du STOA, comprenant cinq études et un rapport de synthèse, a permis d'identifier les défis majeurs auxquels sera confrontée l'Europe dans un système agro-alimentaire globalisé et très compétitif et fournit un ensemble d'options politiques pour y faire face. Deux de ces défis, le changement climatique et la perte de la biodiversité, furent le sujet d'une des études.

Selon cette étude, « l'intensification durable » est un élément clé pour augmenter la productivité de terres agricoles et pour faire face au changement climatique. Des changements sur notre façon de consommer (en particulier diminuer la consommation de viande) et un effort supplémentaire, avec le temps, pour réduire le gaspillage alimentaire sont aussi nécessaires. Le choix énoncés dans cette étude comprennent : (i) encourager les pratiques agricoles qui sont respectueuses de l'environnement et de la biodiversité ; (ii) mettre en place des politiques et des régulations pour limiter les pratiques non durables ; (iii) innover dans le domaine de l'agriculture écologique, au service de la biodiversité tout en s'assurant que l'utilisation de nouvelles technologies n'est pas nocive à l'environnement ; (iv) dégager des financements pour soutenir la recherche ; (v) réduire l'impact négatif des pratiques agricoles et des biocarburants importés.

b) « Une gestion durable des ressources naturelles, tout particulièrement en ce qui concerne l'eau et l'agriculture » (2013)

Plus de 40% du territoire européen est utilisé à des fins agricoles. Ainsi, une bonne gestion des terres est particulièrement importante pour préserver nos ressources naturelles, y compris l'eau. Les ressources en eau sont essentielles pour tous les secteurs de l'économie européenne, et particulièrement pour le secteur agricole. A la fois la qualité et la quantité d'eau sont importantes pour une utilisation durable et efficace de l'eau. Le changement climatique va amplifier les pressions exercées sur les ressources hydriques, telles que les sécheresses conséquentes et les inondations de plus en plus fréquentes, qui nuisent aux sols agricoles et qui demandent aux utilisateurs d'eau, aux fermes, aux régions, et aux Etats membres de l'UE de s'adapter.

Selon cette étude, un changement majeur est nécessaire en ce qui concerne l'efficacité dans l'utilisation de l'eau, et cela tous secteurs confondus. Il est aussi nécessaire d'adopter une gestion plus durable de l'eau et des terres, pour atteindre les objectifs de l'UE en termes de conservation des ressources hydriques. Les principaux domaines à améliorer sont : (i) la mise en œuvre efficace et renforcée d'une législation européenne pour protéger les ressources d'eau en Europe ; (ii) une meilleure intégration et une meilleure mise en œuvre des priorités européennes concernant les ressources hydriques, tant à l'échelle sectorielle, que nationale et régionale ; (iii) la réduction du gaspillage d'eau, des économies en eau en gérant efficacement les ressources ; (iv) l'encouragement à l'échelle nationale et régionale aux pratiques agricoles durables, grâce à la PAC, pour éviter l'érosion des terres et la perte en matières organiques ainsi que pour capter le carbone atmosphérique par les sols et lutter contre la rétention d'eau ; (v) un usage efficace des fonds européens pour la gestion d'eau ; et (vi) la communication d'informations ainsi que les outils permettant de meilleures prises de décisions en termes de gestion de l'eau et du sol.

L'implication citoyenne dans l'utilisation des technologies intelligentes

1. L'état d'avancement de la législation européenne

L'utilisation des technologies intelligentes comme moyen de responsabilisation des citoyens est récemment devenue une question législative, à travers de nombreuses initiatives prises à l'échelle de l'UE. Dans le secteur de la consommation énergétique, la responsabilisation apparaît comme évidente en utilisant les réseaux électriques et les compteurs intelligents, qui fournissent des informations en temps réel, permettant ainsi aux consommateurs de mieux gérer leur consommation énergétique.

La Communication sur l'Union Énergétique de 2015 décrit une vision « où les citoyens [...] utilisent les nouvelles technologies pour réduire leurs factures énergétiques, participent plus directement au marché, et où les consommateurs vulnérables sont protégés ». La nécessité de réformer les marchés de l'énergie ainsi que de renforcer le pouvoir des consommateurs, qui devraient avoir accès en permanence à des informations générales et précises, leur permettant de faire des choix éclairés est souligné.

Le programme européen de remplacement d'au moins 80% des compteurs d'électricité par des compteurs intelligents d'ici 2020 ne va pas sans difficultés, en particulier, quand il s'agit de faire face à la nécessité de protéger les données privées ou personnelles des usagers ou à la fracture numérique au sein même de l'Europe.

2. Les études pertinentes du STOA

Le déploiement des réseaux électriques intelligents fait face à de nombreux défis, concernant directement les décideurs politiques et les parties prenantes. L'étude de 2012 du STOA « *réseaux intelligents/réseaux électriques* » s'est intéressée aux questions soulevées, lors du déploiement à grande échelle de réseaux électriques intelligents en Europe, par les décideurs politiques, les industriels, les usagers, les régulateurs ainsi que la société en général.

L'étude révèle, entre autres, que malgré l'augmentation de la demande en électricité, une augmentation du prix de la production décentralisée peut contribuer à donner un avantage aux options hors réseau. L'étude s'intéresse aussi aux questions de la protection de la vie privée et de la sécurité, à certaines craintes pour la santé, ainsi qu'à la nécessité de responsabiliser l'utilisateur final. L'étude considère qu'un changement radical est nécessaire quant aux modèles commerciaux des opérateurs. Ces modèles devraient être fondés sur une distribution équitable des bénéfices entre tous les acteurs. Enfin, l'étude prône un nouveau système de régulation pour encourager l'investissement tout en définissant des règles du jeu équitables dans ce secteur.

Certaines conclusions de l'étude sont décrites plus en détails ci-dessous :

a) L'Innovation et les technologies

Les réseaux électriques intelligents utilisent un nombre important de technologies de pointe, dont la plupart ont déjà démontré leur utilité technique. Il est nécessaire d'innover davantage (surtout dans le domaine du stockage d'énergie), mais le point essentiel pour réussir le déploiement des réseaux intelligents, est la capacité d'intégrer des appareils et des technologies à l'échelle de l'individu, dans un cadre à plusieurs niveaux, impliquant de nombreux acteurs. Bien que les technologies continuent à se développer rapidement, et cela sur les trois domaines des réseaux intelligents (les technologies énergétiques, les applications commerciales et les TIC), les innovations les plus décisives sont attendues dans le domaine des TIC, qui joueront un rôle essentiel pour garantir cette intégration nécessaire.

b) La régulation

La transition vers les réseaux électriques dits intelligents est favorisée par la combinaison entre des intérêts économiques et une faisabilité technique. Le déploiement des réseaux intelligents nécessite un cadre politique stable et prévisible afin de garantir que les ressources nécessaires, investissements inclus, seront mobilisées. Les modèles de régulation utilisés aujourd'hui visent principalement à agir de manière efficace et rentable, et ne sont pas faits pour promouvoir les investissements innovants, des niveaux importants de R&D ainsi que des objectifs ambitieux. Ces modèles permettent plutôt aux entreprises des réseaux d'électricité de garder leurs méthodes traditionnelles, et de reporter leurs investissements dans les technologies nécessaires au déploiement des réseaux intelligents. Les modèles de réglementation doivent donc inciter les entreprises à investir dans les technologies et les applications des réseaux intelligents.

c) L'engagement citoyen

Les utilisateurs sont au cœur de la transition vers les réseaux intelligents, qui verront le jour seulement si ces utilisateurs abandonnent leur mode de consommation passive, et s'impliquent dans leur façon de consommer de l'énergie. Pour cela, plusieurs conditions doivent être réunies, incluant notamment : (i) des économies monétaires crédibles (au moins 10%) ; (ii) le développement de technologies domotiques facilement utilisables ; et (iii) la reprise du contrôle sur sa propre consommation énergétique. Pour que ces réseaux électriques intelligents soient réellement bénéfiques aux utilisateurs, les services d'électricité doivent changer drastiquement leurs habitudes de communication et s'engager dans des relations plus réciproques.

Conclusion

Plusieurs réflexions se dégagent de la lecture de toutes ces contributions.

En premier lieu, on constate que l'innovation a, d'ores et déjà, dans tous les pays, une place relativement importante dans les politiques de réduction à la source des émissions de gaz à effet de serre. Cela montre qu'au niveau des gouvernements, la stratégie consistant à modifier les infrastructures techniques pour mieux maîtriser ces émissions en préservant le niveau de la qualité de vie l'emporte sur les approches drastiques basées sur un retour contraint à la nature. C'est une manière de prendre en compte la nécessité d'opérer un changement durable, ancré dans les infrastructures techniques, plutôt que de s'en remettre aux seules restrictions toujours sujettes à réversibilité.

Ensuite, les solutions technologiques explorées sont partout assez diversifiées. Même si certaines pistes apparaissent vraiment déterminantes, comme le stockage de l'énergie, le mythe d'une invention permettant, à elle seule, d'éliminer radicalement le problème des émissions de gaz à effet de serre s'efface pragmatiquement derrière une stratégie tous azimuts, qui vise à réaliser un ensemble cumulé de gains relativement accessibles. La panoplie explorée est largement commune. Selon ses atouts naturels ou géographiques, en matière de biomasse par exemple, tel ou tel pays met un accent particulier sur l'une ou l'autre des technologies.

Les solutions technologiques ont la plupart du temps fait l'objet d'évaluations par nos homologues de l'EPTA, ce qui a permis de leur conférer un poids adéquat dans les stratégies nationales, reflétant la stratégie définie par l'Union européenne pour les Etats qui en sont membres. Ces évaluations font ressortir l'importance des analyses en cycle de vie, qui ont conduit parfois à remettre en cause la pertinence de certaines pistes, et du moins se sont traduites par un relatif recadrage du soutien public, comme cela a été le cas pour les biocarburants de première génération, ou le solaire photovoltaïque.

Le comportement des utilisateurs est considéré dans tous les pays comme une partie intégrante du fonctionnement des procédés techniques innovants. Par leur attitude plus ou moins compatible, les utilisateurs peuvent en effet assurer la pleine efficacité des procédés, ou au contraire en réduire la portée jusqu'à remettre en cause l'équilibre économique de l'innovation. Le goût du confort fait ainsi peser la menace de l'effet « rebond » sur tous les efforts d'économies d'énergie dans le bâtiment. Les méthodes innovantes de partage des véhicules dépendent de la confiance que les internautes accordent à la gestion des données les concernant par les services en ligne. Les innovations agricoles doivent tenir compte de la peur viscérale du poison.

A côté de ces observations générales (qui confirment le besoin de consacrer explicitement à l'innovation une part suffisante des ressources affectées aux politiques de lutte contre le changement climatique, pour permettre notamment la poursuite parallèle des pistes technologiques prometteuses, la conduite d'évaluations sur le cycle de vie, et la mise au point de mécanismes d'implication des utilisateurs), certains éléments ressortent, qui touchent plus spécifiquement aux quatre domaines abordés par les monographies.

Dans le secteur de l'habitat, responsable en moyenne de 20 % des émissions de gaz à effet de serre, il apparaît clairement qu'il sera plus facile d'aboutir à des résultats concrets rapides pour les nouvelles constructions, et qu'un effort de longue durée doit être engagé pour rénover

les bâtiments anciens, même s'ils ont été construits depuis peu. Dans de nombreux pays, la maison passive et la maison neutre du point de vue énergétique apparaissent comme un objectif réaliste. Les solutions techniques paraissent mûres, mais les contraintes économiques et financières restent à surmonter. L'efficacité des investissements réalisés dépend d'une mesure réelle de la performance énergétique qui n'est pas encore standardisée. L'adhésion des occupants est essentielle à la réussite des efforts de rénovation thermique, puisque celle-ci suppose l'adoption de nouveaux comportements de consommation d'énergie. L'utilisation d'énergies non carbonées pour la production d'électricité, la mise en place de réseaux intelligents (« *smart grids* ») permettant la prise en compte de la production d'énergie dans les bâtiments, la généralisation des compteurs intelligents et des dispositifs de gestion active de l'énergie, sont considérées comme des objectifs à atteindre rapidement.

Dans le secteur des transports, responsable de 20 % des émissions de gaz à effet de serre, l'accent est mis sur la nécessité de réduire la consommation d'essence aux 100 kilomètres, et de parvenir dans un premier temps à la fabrication de véhicules ne consommant que 2 litres aux 100 kilomètres. Un développement rapide de la voiture électrique est envisagé, même s'il reste encore lent, notamment du fait de l'insuffisance des infrastructures de recharge, et de la trop faible autonomie que confèrent aujourd'hui les batteries dans les voitures de grande consommation. La recherche et l'innovation restent nécessaires pour améliorer les batteries, aboutir à de nouvelles motorisations et à de nouveaux carburants moins polluants (tels les biocarburants de deuxième ou troisième génération, l'air comprimé, l'hydrogène, ou le gaz naturel). L'accent est enfin mis sur la nécessité de raisonner en termes de mobilité et d'intermodalité des différents modes de transport. Une adaptation aux nouvelles formes de mobilité (covoiturage, changement d'attitude par rapport à la possession) est absolument nécessaire.

Dans le domaine de l'agriculture, responsable de 10% environ des émissions de gaz à effets de serre, il apparaît que de nouvelles techniques peuvent être utilisées pour diminuer l'empreinte carbone des exploitations agricoles, notamment dans l'élevage. Plusieurs études montrent l'intérêt d'une évolution vers une agriculture de précision, basée sur un traitement informatique à grande échelle de l'immense quantité de données disponibles (*Big Data*), tout en mentionnant les difficultés pour généraliser une telle approche. Des travaux de recherche apparaissent prometteurs pour plusieurs cultures, dont l'apport protéiné est intéressant.

Dans tous ces domaines, l'adhésion des citoyens est fondamentale. Mais celle-ci ne se décrète pas. Améliorer l'information des citoyens est certes nécessaire, mais n'est pas une panacée. De plus en plus, les citoyens souhaitent être véritablement associés aux décisions et n'acceptent plus des politiques élaborées de façon technocratique et imposées d'en haut. Les méthodes de débat démocratique doivent être améliorées, et des processus de décision partagés mis en place. Mais il ne s'agit pas seulement de susciter l'adhésion collective, il faut aussi amener à un changement des comportements quotidiens. L'innovation sociale est alors essentielle, mais elle n'en est qu'à ses débuts.

L'innovation, qui a servi de trame aux réflexions de ce rapport, apparaît ainsi comme une dimension fondamentale de la politique de lutte contre le changement climatique. Elle permet de dépasser les approches malthusiennes aux effets réversibles, et d'apporter des solutions durables, s'intégrant aux infrastructures techniques fondamentales de la société, d'une manière compatible avec le maintien du niveau de vie dans les pays développés, et avec l'amélioration de la qualité de vie dans les pays émergents.

Il faut toutefois que l'innovation ne suscite pas de nouvelles craintes. Elle doit donc intégrer d'avance la préoccupation de son acceptation culturelle, et même de sa bonne prise en main pour les utilisateurs.

L'innovation ne peut pas constituer une variable d'ajustement de la politique de lutte contre le changement climatique. Elle doit être au cœur de ses priorités.

Annexe : Contributeurs au rapport

- **France** : Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques
- **Allemagne** : Büro für Technikfolgen Abschätzung beim Deutschen Bundestag – Office d'Evaluation Technologique du Bundestag Allemand
- **Austriche** : Institut für Technikfolgen-Abschätzung – Institut d'Evaluations Technologiques
- **Catalogne** : Consell Assessor del Parlament sobre Ciència i Tecnologia – Le Conseil du Parlement de Catalogne pour les Sciences et la Technologie
- **Danmark** : Fonden Teknologirådet – Le Conseil Danois pour la Technologie
- **Etats-Unis d'Amérique** : U.S. Government Accountability Office – l'Organisme d'Evaluation et d'Investigation du Congrès des Etats-Unis
- **Finlande** : Tulevaisuusvaliokunta – Le Comité pour le futur du Parlement finlandais
- **Grèce** : Greek Permanent Committee of Technology Assessment – Le Comité Permanent d'Evaluation Technologique du Parlement Grec.
- **Norvège** : Teknologirådet – Le Conseil Norvégien pour la Technologie
- **Les Pays-Bas** : Rathenau Instituut – l'Institut Rathenau
- **Pologne** : Biuro Analiz Sejmowych – Le Bureau pour la Recherche Polonais
- **Royaume-Uni**: Parliamentary Office of Science and Technology – L'Office Parlementaire pour la Science et la Technologie
- **Russie** : Département d'Analyse du Conseil de la Federation de Russie
- **Suède** : Utredningstjänsten – Le Secrétariat pour l'Evaluation et la Recherche du Parlement Suédois
- **Suisse** : Zentrum für Technologiefolgen Abschätzung – Le centre d'évaluation des technologies
- **Union européenne** : STOA – Scientific and Technological Options Assessment – Evaluation des Options Scientifiques et Technologiques