

Transport lacustre "zero émission" au sein des agglomérations



Des opportunités à saisir !

Genève, le _____

Versions	Date	En vue
Version 0, pré-rapport	29 juillet 2019	Présentation comité ABAZE
Version 0.1, consolidation	25 août 2019	Journée nationale de la mobilité
Version 0.2	7 octobre 2019	Présentation assemblée générale
Version 0.3	15 octobre 2019	Validation par le comité
Version 0.4	16 octobre 2019	Présentation CGN

Contenu

1.	A propos de l'Association pour des bateaux à zéro émission	6
2.	En résumé	7
3.	Contexte	9
3.1.	<i>Situation des grandes agglomérations suisses</i>	9
3.2.	<i>Des réglementations internationales de plus en plus restrictives</i>	11
3.3.	<i>Une croissance inéluctable</i>	11
3.4.	<i>Coût bénéfice par mode de transport</i>	12
4.	Les politiques publiques concernées	12
4.1.	<i>La politique des agglomérations</i>	12
4.2.	<i>Politique climatique</i>	13
4.3.	<i>La politique des transports en Suisse – dessertes commandées conjointement par la Confédération et les cantons.</i>	14
4.4.	<i>Plan sectoriel des transports, partie Programme</i>	15
4.5.	<i>Politique de la Confédération en matière de navigation</i>	15
4.6.	<i>Plan sectoriel des transports, partie Infrastructure navigation (SIF)</i>	17
4.7.	<i>Procédure de commande de l'offre de transport</i>	17
5.	Données chiffrées du secteur	18
5.1.	<i>Les voies navigables en suisse</i>	18
5.2.	<i>Bateaux</i>	20
5.3.	<i>Les métiers</i>	20
5.4.	<i>Nombre de passagers dans la navigation publique</i>	21
5.5.	<i>Les compagnies de navigation</i>	21
5.6.	<i>Coûts et financement des transports</i>	23
6.	Les effets de la navigation sur les émissions de CO ₂	24
	La qualité des données disponibles pour le Canton de Genève permet une bonne évaluation, raison du focus sur ce canton dans cette partie.	24
6.1.	<i>Principes de base</i>	24
6.2.	<i>Estimation des impacts – exemple pour Genève</i>	24
6.3.	<i>Estimation des impacts</i>	25
7.	Les leviers pour diminuer les émissions de CO ₂	25
7.1.	<i>Se doter de motorisations électriques</i>	25
7.1.1.	<i>Propulsion tout électrique (EB) Electric Boat</i>	25
7.1.2.	<i>Propulsion hybride électrique (HEB) Hybrid Electric Boat</i>	26
7.1.2.1.	<i>Hybride parallèle</i>	26
7.1.2.2.	<i>Hybride série</i>	26
7.1.3.	<i>Propulsion à moteur thermique d'appoint ou prolongateur d'autonomie (« range extender »)</i>	27
7.1.4.	<i>Propulsion diesel électrique</i>	27

7.1.5.	<i>Motorisations auxiliaires</i>	27
7.2.	<i>Miser sur l'hydrodynamique des coques</i>	27
7.2.1.	<i>Catamaran</i>	27
7.2.2.	<i>Bateau à foil</i>	29
7.2.3.	<i>Profil de la coque</i>	29
8.	<i>Les différentes sources d'énergie</i>	30
8.1.	<i>Les batteries</i>	30
8.2.	<i>Motorisation hydrogène</i>	30
8.3.	<i>Bateaux solaires</i>	32
9.	<i>Infrastructures électriques dans les ports et infrastructures de recharge</i>	33
9.1.	<i>Infrastructure de recharge standard – petites unités</i>	33
	<i>Recharge "on-board", AC (courant alternatif)</i>	34
	<i>Recharge rapide DC (courant continu) - "off-board",</i>	34
9.2.	<i>Recharge flash (Biberonnage)</i>	34
9.3.	<i>Recharge par induction</i>	35
9.4.	<i>Les branchements à quai</i>	35
10.	<i>Taxation des moteurs électriques</i>	36
11.	<i>Effets d'une stratégie Zero emission</i>	36
11.1.	<i>Bateaux de plaisance v/s transport de passager</i>	36
11.2.	<i>Coûts d'exploitation de la flotte</i>	37
11.3.	<i>Motorisation du bateau</i>	37
12.	<i>Se doter de stratégies ZeroEmission</i>	38
12.1.	<i>Exonérer les bateaux à propulsion électrique de la taxation sur les bateaux (loi contribution publique)</i>	38
12.2.	<i>Soutenir la reconversion de bateaux avec motorisation moteur vers une motorisation électrique, y compris pour les voiliers au bénéfice d'un nouveau moteur d'appoint</i>	38
12.3.	<i>Equipment des ports en places spécifiques pour bateaux électriques avec bornes de recharges</i>	38
12.4.	<i>Soutien à l'installation de bornes de recharge dans les ports / marinas privées</i>	38
12.5.	<i>État des lieux des flottes existantes et possibilités de reconversion</i>	38
12.6.	<i>Soutien à la reconversion</i>	38
12.7.	<i>Financement de projets pilote de navette 100% électrique</i>	38
12.8.	<i>Identification des tracés pour le développement de nouvelles lignes zero-émission</i>	38
12.9.	<i>Soutien à l'investissement d'infrastructures à quai</i>	38
13.	<i>Financement de la stratégie ZeroEmission</i>	38
13.1.	<i>Leasing écologique</i>	38

13.2.	<i>Compensation émission</i>	38
13.3.	<i>Programmes d'incitation</i>	38
13.4.	<i>Source de financement pour projets</i>	38
14.	<i>Conclusions</i>	38

1. A propos de l'Association pour des bateaux à zéro émission

L'association bateau zéro émission suisse a pour objet de :

- Promouvoir la conception, la construction et l'utilisation du bateau « zéro émission » ;
- Inciter les collectivités et marinas privées à équiper leurs plans et voies d'eau en bornes de recharge électrique et/ou hydrogène ;
- Favoriser les échanges avec les organisations traitant des autres types de véhicules électriques et/ou hydrogène ;
- Proposer des solutions aux pouvoirs publics et aux différents acteurs de la société sur les problématiques exposées ci-dessus et issues notamment des travaux de l'association et de ses partenaires.
- Participer, avec ses membres, à des événements nautiques, colloques, journées d'informations, salons qui sont autant d'occasions de favoriser les rencontres et les échanges, de s'informer, de comparer et de fédérer les acteurs du domaine avec ses membres.

Avec le soutien de ses membres, l'Association sera en mesure de :

- supporter l'établissement des standards de recharge ainsi que de monitoring,
- supporter les modifications/création de lois permettant la conversion des infrastructures actuelles vers une infrastructure plus 'verte',
- supporter les modèles économiques sur la transition énergétique.

2. En résumé

Des réseaux terrestres saturés

Aujourd'hui, les réseaux terrestres ont atteint leurs limites au sein des agglomérations. Pour y remédier, des scénarios de ponts, tunnels se développent, mais ceux-ci nécessitent de gros investissements et de longs délais de réalisation, sans compter les nombreuses oppositions, référendum ralentissant encore plus les processus décisionnels.

Notre association a lancé récemment cette étude pour identifier les opportunités de développement et de valorisation des lacs et cours d'eau comme des «routes» naturelles, pour y transférer certains pendulaires, aux heures de pointe, dans une logique de multimodalité.

Une flotte à vocation essentiellement touristique

La flotte suisse peut être décomposée en 3 :

De plaisance : 60 000 bateaux à moteur et 30 000 bateaux à voile.

Dans le domaine du trafic naval de marchandises, la Suisse compte 122 bateaux avec concession cantonale, 70 bateaux de marchandises enregistrés en Suisse naviguant sur le Rhin ainsi que 35 navires de haute mer.

Le réseau navigable suisse du transport public de personnes s'étend sur 548 km et comprenait essentiellement des trajets lacustres. La Suisse compte 110 bateaux de passagers pour le transport public sur les lacs et les voies fluviales suisses.

En 2016, les bateaux des transports publics de passagers ont transporté environ 11,3 millions de personnes sur les lacs et cours d'eau de Suisse. Le taux d'occupation des bateaux de passagers, utilisés en premier lieu par les touristes, dépend toutefois beaucoup de la météo lors des weekends estivaux, ce qui entraîne au fil des années des fluctuations du nombre de personnes transportées.

Transport de personnes par bateau : des coûts par voyageur très élevé

Selon une récente étude de l'Office fédéral du développement territorial (ARE), le transport par bateau affiche un coût de 24,1 centimes par passager au kilomètre (pkm) parcouru, contre 7,7 centimes par pkm pour le transport motorisé privé sur la route, 6,3 centimes par pkm pour les transports publics routiers. Les coûts liés au transport ferroviaire sont de 3,3 centimes par pkm.

Des rejets de Co2 importants

Les Bateaux Zéro Emission ont un potentiel de réduction des émissions de CO₂ à l'exploitation. Pour un bateau à batteries :

- -72% de CO₂ pour les moteurs Diesel (-86% pour les moteurs à essence) avec le mix électrique moyen en Suisse
- -98% de CO₂ à Genève,
- -99% dans le cas d'énergie électrique de source 100% renouvelable.

Selon les estimations de notre association, les bateaux des entreprises de navigation concessionnées en Suisse émettent plus de 90'000 tonnes de CO₂ par année, soit l'équivalent de 6'500 ménages (Chaque personne en Suisse émet en moyenne 14 tonnes d'équivalent CO₂ (éq- CO₂ ou CO₂) par année.

Les enjeux techniques

Reconversion du parc : le moteur de traction électrique est commun au stockage d'énergie par batteries et par l'hydrogène.

Une transition envisageable pour les bateaux de grosse capacité est l'installation d'un groupe Diesel-électrique : un ou des groupes électrogènes alimentent un ou des moteurs électriques. L'optimisation du fonctionnement du moteur Diesel permet la réduction des émissions de CO₂. Cette étape initiale peut être suivie de :

- Ajout de batteries : conversion en hybride série, avec traction électrique près des ports
- Ajout de recharge des batteries à quai : réduction des émissions de CO₂.
- Suppression du groupe électrogène et revente/reconditionnement de celui-ci au profit de solutions à hydrogène ou à batteries.

Rendement hydrodynamique

- Réduction de la traînée : forme de coque (carénage (-30%), catamaran), foil (jusqu'à -90%)
- Efficience moteur/hélice (-10%)
- Mise à jour de bateaux, création de nouveaux bateaux adaptés

Les collectivités publiques appelées à contribution pour la reconversion du parc existant

Les effets d'une motorisation électrique sur la flotte permettraient de diminuer de 99% les émissions de CO₂, pour autant que le courant soit d'origine renouvelable. Les défis en termes d'infrastructures, d'autonomie et de performance des moteurs sont importants et nécessitent par conséquent des impulsions des collectivités publiques pour accélérer la mutation du parc thermique en zéro émission.

Des opportunités à saisir dans les agglomérations

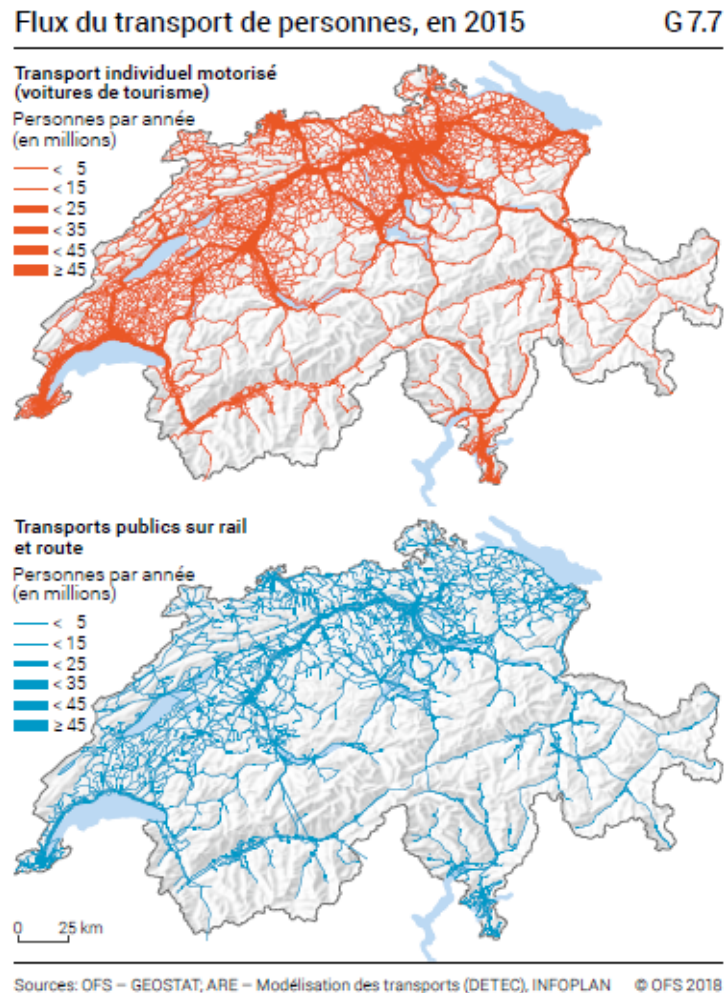
Comme dans le domaine de l'électromobilité "terrestre", de nombreuses opportunités se présentent pour créer de nouvelles offres de transports dans les agglomérations avec du matériel navigant de taille moyenne (moins de 60 places) plus propice au transport de pendulaires qu'au tourisme. Au-delà, des avantages écologiques, l'intérêt d'une flotte de bateaux électriques de taille moyenne est double : tant au niveau des coûts d'exploitation (coûts de l'énergie électrique diminués de 20 à 30%) que de la flexibilité des opérations (bateaux plus maniables en raison de leur taille).

Par ailleurs, au-delà des coûts d'exploitation, il existe aujourd'hui de nombreuses incitations financières à l'investissement dans la transition énergétique et l'innovation, qui ont pour effet de diminuer le coût du capital (coût des équipements et intérêts sur la durée projetée).

3. Contexte¹

3.1. Situation des grandes agglomérations suisses

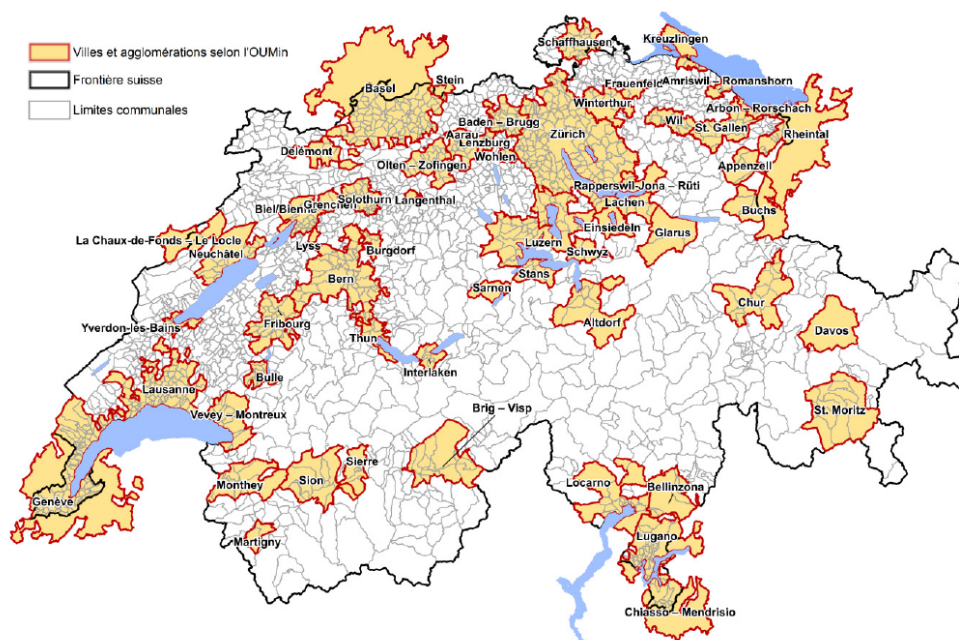
Au sein des agglomérations, il est à relever que le trafic individuel motorisé ne cesse d'augmenter, malgré la croissance importante de l'offre de transport de transport public.



Les grandes agglomérations de Zurich, Genève, Interlaken, Lucerne, Stans, Schwyz, Rapperswil, Romanshorn, Bale, Lugano et Locarno sont aux abords d'un lac ou d'un cours d'eau.

¹ Mobilité et transports, Rapport statistique 2018, Office fédéral de la statistique (OFS), 2019

Villes et agglomérations ayant droit aux contributions².



sources: INFOPLAN-ARE, GEOSTAT-OFS, swisstopo | Etat au 01.01.2018

© ARE

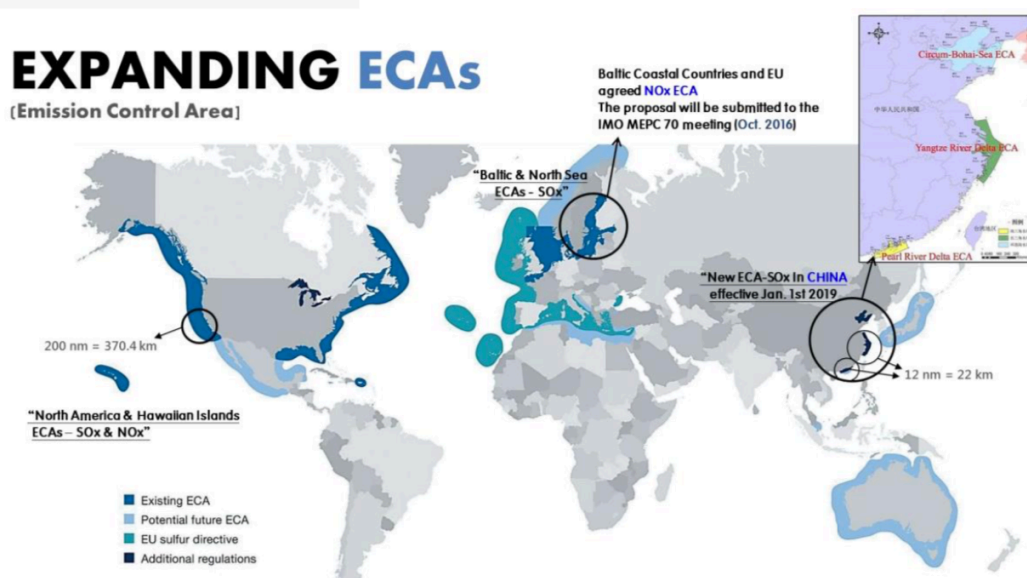
Les réseaux terrestres ont atteint leurs limites. Pour y remédier, des scénarios de ponts, tunnels se développent, mais ceux-ci nécessitent de gros investissements et de longs délais de réalisation, sans compter les nombreuses oppositions, référendum ralentissant encore plus les processus décisionnels. Des offres de transports fluvial ou lacustres sont proposées aux pendulaires. Au regard de ce contexte, elles sont appelées à se développer.

3.2. Des réglementations internationales de plus en plus restrictives

Les zones d'émission contrôlée (ECA, acronyme de Emission Control Area) ont été instaurées et visent à diminuer l'exposition des écosystèmes marins et littoraux et des populations littorales aux émissions polluantes des moteurs diesels marins.

Elles ont été établies par l'Organisation maritime internationale (OMI), dont la Suisse fait partie, pour minimiser les émissions d'oxydes de soufre (SOx), d'oxydes d'azote (NOx) et interdire toute émission délibérée de substances qui appauvrissent la couche d'ozone.

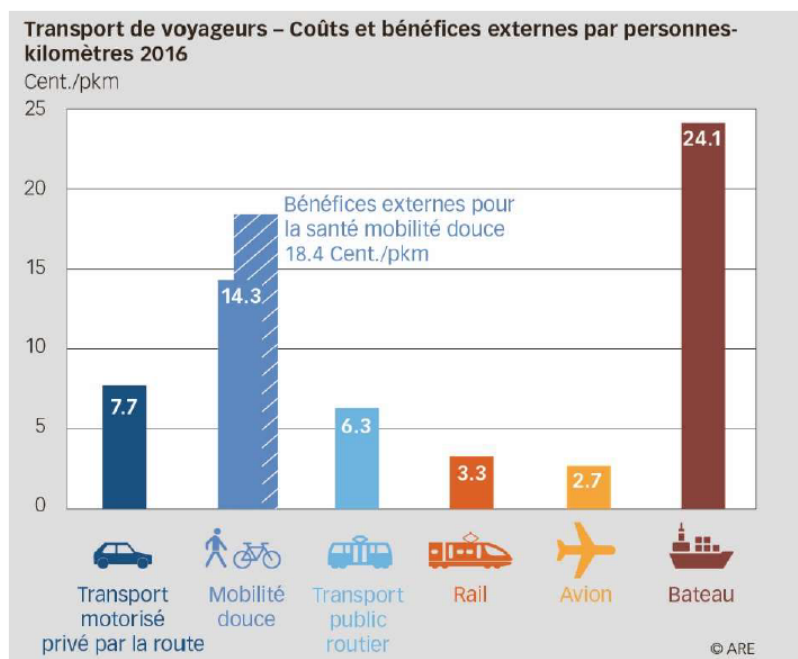
Ces réglementations sont de plus en plus favorables à la propulsion électrique, notamment sur les voies navigables intérieures en Europe et aux Etats-Unis qui seront progressivement interdites aux bateaux à moteur thermique. En Inde, certaines réglementations en ce sens sont déjà en application. De même au Sun Moon Lake, à Taiwan, où les opérateurs acceptent volontiers de changer leurs habitudes pour aller vers des bateaux plus silencieux et respectueux de l'environnement.



3.3. Une croissance inéluctable

Selon les conclusions d'un rapport publié en 2018 par IDTechEx, le marché du bateau électrique va connaître une croissance au cours des dix années à venir. Alors qu'une centaine de constructeurs sont déjà présents sur le marché, le rapport estime que le segment du bateau électrique et hybride pourrait peser jusqu'à 20 milliards de dollars à l'échelle mondiale en 2027.

3.4. Coût bénéfice par mode de transport²



En matière de transport de voyageurs, le transport motorisé privé sur la route a en 2016 généré des coûts externes de 7,7 centimes par pkm tandis que ceux des transports publics routiers atteignaient 6,3 centimes par pkm. Les coûts liés au transport ferroviaire sont de 3,3 centimes par pkm et ceux du transport aérien de 2,7 centimes par pkm. Le transport par bateau affiche, lui, un coût de 24,1 centimes par pkm. De son côté, la mobilité douce affiche des coûts externes s'élevant à 14,3 centimes par pkm (essentiellement du fait des accidents n'impliquant pas de tiers), mais qui sont plus que compensés par des bénéfices en matière de santé de 18,4 centimes par pkm. Lorsqu'on observe la mobilité douce de manière différenciée, il apparaît une nouvelle fois que c'est la marche à pied qui dégage les bénéfices externes les plus élevés puisqu'il en résulte un bénéfice net de presque 10 centimes par pkm, tandis que, pour les déplacements à vélo, les coûts externes sont plus élevés que les bénéfices externes de 4,5 centimes par pkm en 2016.

4. Les politiques publiques concernées

4.1. La politique des agglomérations

La Confédération soutient, via la politique des agglomérations (AggloPol), les agglomérations et les villes de Suisse dans leur développement durable. Il existe une série de mesures et d'instruments pour la mise en œuvre de cette politique transversale. Une contribution au développement des agglomérations et à la mise en œuvre de l'AggloPol est en outre fournie par les politiques sectorielles différenciées selon les espaces, comme par exemple la politique des transports. La politique des agglomérations de la Confédération est mise en œuvre par le Secrétariat d'Etat à l'économie (SECO) et l'Office fédéral du développement

² Coûts et bénéfices externes des transports en Suisse, Transports par la route et le rail, par avion et par bateau 2016, Office fédéral du développement territorial (ARE), 2019

territorial (ARE) en collaboration avec d'autres services fédéraux. Elle se base sur la stratégie tripartite relative à la politique suisse des agglomérations, stratégie élaborée ensemble par la Confédération, les cantons, les villes et les communes. Moteurs de la croissance économique, sociale et culturelle, les villes, les agglomérations et les espaces métropolitains jouent un rôle de plus en plus important. Ils tirent eux-mêmes profit des prestations qu'ils fournissent, mais aussi les régions voisines et les espaces ruraux.

En conséquence, de nombreux défis territoriaux se concentrent dans l'espace urbain :

Face au développement continu de la surface d'habitat et d'infrastructure et à l'accroissement de la mobilité, la coordination de l'urbanisation et des transports devient une tâche de plus en plus complexe ;

La raréfaction des ressources et le changement climatique exigent des solutions durables, par exemple en matière d'urbanisme, d'aménagement des espaces ouverts et de développement du paysage ;

L'évolution démographique et la situation sur le marché du logement mettent la cohésion sociale à rude épreuve.

L'AggloPol soutient les zones urbaines de la Suisse, afin qu'elles puissent faire face aux défis auxquels elles sont confrontées. Elle est étroitement liée à la politique de la Confédération pour les espaces ruraux et les régions de montagne.

4.2. Politique climatique³

La loi sur le CO₂ oblige les producteurs et importateurs de carburants fossiles, ainsi que les exploitants de centrales thermiques à combustibles fossiles, à compenser totalement ou partiellement une partie de leurs émissions de CO₂ par des mesures prises en Suisse. Pour remplir cette obligation, ils peuvent réaliser, en Suisse, des projets ou des programmes de réduction des émissions. Les réductions d'émissions prouvées peuvent donner lieu à des attestations ou être prises en compte directement pour le respect de l'engagement. Sont admis des projets ou des programmes de réduction des gaz à effet de serre mentionnés à l'art. 1 de l'ordonnance du 30 novembre 2012 sur la réduction des émissions de CO₂ (RS 641.711) ainsi que les projets de séquestration biologique du CO₂ dans des produits en bois. Des projets similaires peuvent être réunis en un projet regroupé. Plusieurs projets peuvent être mis en œuvre sous la forme d'un programme. Sont réputées additionnelles, et donc imputables, les réductions d'émissions prouvées par un suivi et vérifiées, qui ont été obtenues dans le cadre de projets ou de programmes qui n'auraient pas été réalisés sans le produit de la vente des attestations ou sans imputation directe.

Des projets et des programmes peuvent être déposés pour tous les gaz à effet de serre entrant dans le champ d'application de la loi sur le CO₂ (art. 1 de l'ordonnance sur le CO₂) : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (gaz hilarant, N₂O), les hydrofluorocarbones (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF₆) et le trifluorure d'azote (NF₃).

³ Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse, Publié par l'Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne, 2019

Des projets et des programmes de toutes les catégories et types peuvent être soumis pour examen à l'OFEV.

5. Transport	5.1 Amélioration de l'efficacité du transport de voyageurs et de marchandises	Passage d'un type de transport de personnes ou de marchandises à forte émission de CO ₂ à un type à moins forte émission de CO ₂	• Transfert de la route au rail • Évitement du trafic • Gestion de flottes de véhicules • Utilisation de véhicules hybrides
	5.2 Utilisation de biocarburants liquides	Utilisation de combustibles issus de matières premières renouvelables, répondant aux exigences de la loi du 21 juin 1996 sur l'imposition des huiles minérales et des dispositions d'exécution correspondantes	• Construction et exploitation d'une installation de production de biocarburant et utilisation de biocarburant dans le transport routier en Suisse
	5.3 Utilisation de biocarburants gazeux		• Utilisation de bus roulant au biogaz dans le réseau de transports publics de proximité (sont exclus les véhicules utilitaires légers)

4.3. La politique des transports en Suisse – dessertes commandées conjointement par la Confédération et les cantons.⁴

Au printemps 2019, l'office fédéral des transports affichait sa vision 2030 pour les transports publics, qui s'articulent via trois piliers, en ces termes :

"Les transports publics sont au service de la Suisse. Ils sont :

1. Attrayants pour la clientèle,
2. Financés à long terme et efficaces tant pour la population que pour l'économie et l'État,
3. Écologiques, sûrs et fiables au niveau de leur exploitation".

Dans le cadre de chaînes de mobilité multimodale, les prestations des chemins de fer, des bus, des bateaux et des installations à câbles sont intégralement connectées aux autres offres (de mobilité).

Le trafic régional de voyageurs (TRV) avec fonction de desserte est commandé et indemnisé conjointement par la Confédération et les cantons. Il englobe le transport au sein d'une région, y compris la desserte de base des localités, ainsi que celui vers des régions voisines ou limitrophes.

Conformément à l'art. 4 OITRV, on entend par « trafic régional de voyageurs » (TRV) le transport de voyageurs à l'intérieur d'une région, y compris la desserte de base de localités, ainsi que le transport de voyageurs entre une région et des régions voisines, même étrangères. Il y a lieu de distinguer le TRV du trafic local, du trafic grandes lignes et du trafic touristique.

Aux termes de l'art. 5 OTV, une ligne revêt une « fonction de desserte » lorsqu'il y a un point de jonction avec le réseau supérieur des transports publics à au moins une des extrémités de la ligne et une localité à l'autre extrémité ou entre les extrémités. Pour revêtir une fonction de desserte, une ligne doit desservir une localité d'au moins 100 habitants, faute de quoi on parle alors de lignes du trafic touristique (par ex. la ligne ferroviaire menant au Jungfraujoeh).

L'art. 28, al. 1, LTV dispose que les lignes du TRV avec fonction de desserte peuvent être commandées et indemnisées conjointement par la Confédération et les cantons (voir procédure de commande).

⁴ Transports publics – pour la Suisse - Stratégie de l'OFT 2019, Mai 2019

4.4. Plan sectoriel des transports, partie Programme

Le plan sectoriel des transports comprend une partie stratégique - partie Programme - de caractère intermodal, ainsi que les parties concernant la mise en œuvre dans les domaines des Routes et du Rail/Transports publics.

La partie Programme s'attache à traiter des transports dans une optique globale. Elle expose les objectifs, priorités et principes généraux selon lesquels la Confédération entend agir dans le domaine des transports et de l'organisation du territoire ainsi que les conséquences qui en découlent pour la planification des modes de transport. La partie Programme du Plan sectoriel des transports a été adoptée par le Conseil fédéral le 26 avril 2006.

Afin de concilier les objectifs, les principes et les priorités de la Confédération dans le domaine des transports avec les objectifs du développement durable, le plan sectoriel a été soumis à une évaluation de la durabilité. Cette évaluation a permis de déceler les déséquilibres et les déficits entre les trois dimensions environnement, société et économie et de montrer les possibilités d'optimisation.

4.5. Politique de la Confédération en matière de navigation

Pour la Confédération⁵, la navigation, mode de transport considéré comme écologique et économique, est d'une importance stratégique pour la Suisse. Une part importante de l'approvisionnement du pays en dépend. Les échanges de marchandises à travers le monde seraient impensables sans les voies maritimes. La flotte maritime suisse est composée de plus de trente navires (vraquiers, porte-conteneurs, bateaux multi-rôles et navires-citernes). Elle a pu prendre son essor grâce à un système de cautionnement (prêts garantis par la Confédération) original et efficace, qui permet aussi le renouvellement de cette flotte en navires modernes et compétitifs.

Un autre maillon de la chaîne de transport est constitué par la navigation fluviale sur le Rhin. Cette voie navigable revêt une importance particulière pour la Suisse puisque qu'elle constitue notre accès direct à la mer. En tant que voie navigable, le Rhin a pris un essor considérable et constitue aujourd'hui, avec les ports bâlois, un élément infrastructurel important pour les échanges commerciaux de la Suisse. Une part considérable de notre commerce extérieur transite ainsi par les ports rhénans bâlois.

Bien que la topographie du pays ne se prête guère au transport par les voies navigables intérieures, la Suisse possède également un réseau fluvial et lacustre sur lequel circulent de nombreux bateaux : trafic touristique et de loisirs, acheminement de passagers, transport de véhicules (ferries), transport de pondéreux (sables, graviers).

La Confédération soutient et encourage le développement de la navigation en fonction des besoins. La Confédération a toujours montré, dans les limites de ses attributions et de la donne géopolitique, son intérêt pour la navigation. Elle a soutenu et encouragé le développement de ce secteur en fonction des nécessités politiques ou économiques du moment. Ce soutien passe par des actions au plan international, des participations à des investissements d'infrastructures et à des aides financières ciblées allouées aux opérateurs de transport.

La Confédération a engagé des moyens financiers importants en faveur de la navigation et continue à le faire. Ainsi, elle se porte garante pour les investissements faits dans la flotte maritime suisse (crédit cadre de 1,1 milliard de

⁵ Rapport du Conseil fédéral sur la politique suisse en matière de navigation du 14 octobre 2009

francs jusqu'en 2017). En ce qui concerne les voies fluviales (Rhin), la Confédération a investi jusqu'ici quelque 170 millions de francs pour différents aménagements (suppression de 6937 obstacles, renflouages, écluses). Plus récemment, les ports rhénans suisses et leurs terminaux de transbordement ont bénéficié de subventionnements particulièrement importants. Dans le cadre de la politique du transfert du trafic marchandises, la Confédération soutient la navigation : les conteneurs qui arrivent en Suisse par le Rhin et qui sont ensuite acheminés par le rail bénéficient par exemple de subventions.

Quant à la navigation touristique sur les lacs et les canaux en Suisse, elle a également bénéficié d'aides financières de la Confédération, grâce à la loi sur l'aide aux investissements dans les régions de montagne (LIM)⁶. Sur le plan international, la Suisse est membre de plein droit de la Commission Centrale pour la Navigation du Rhin (CCNR). Les champs d'intervention de cette commission portent principalement sur la régulation du trafic, la sécurité et la protection de l'environnement. Même si les attributions de cette commission sont régulièrement remises en question par l'Union européenne, la CCNR reste l'autorité de référence pour les affaires rhénanes et la Suisse continue d'y apporter son soutien. Par ailleurs, la Confédération est également présente dans d'autres organismes internationaux (OMI2, CEE/ONU3) et participe aux conférences intergouvernementales ad hoc (Forum international des Transports, FIT). Le Conseil fédéral veut poursuivre ce qui a été fait jusqu'ici et le compléter de façon ciblée par des mesures ponctuelles

Partant de ces considérations et conscient des avantages économiques et environnementaux que peut offrir le transport par bateaux, le Conseil fédéral a proposé en 2009 de développer une politique de navigation sur les acquis, en se concentrant sur les pôles stratégiques que sont la navigation rhénane et la navigation maritime. Cette politique portait pour l'essentiel sur les trois axes prioritaires suivants :

- optimiser les conditions auxquelles est soumis le transport de marchandises sur le Rhin, en visant à une intégration intermodale encore plus poussée;
- participer activement aux travaux de normalisation en matière de sécurité et de protection de l'environnement, en particulier en ce qui concerne le transport de matières dangereuses;
- assurer que la navigation suisse puisse continuer à bénéficier de l'accès libre à la mer et opérer dans un cadre juridique optimal.

La politique de navigation instaurée en 2009 a permis d'instaurer les mesures suivantes :

Conditions générales

Engagement renforcé sur la scène internationale, en particulier auprès de la Commission Centrale pour la Navigation du Rhin (CCNR).

Participation de la Suisse aux programmes de la CE pour le développement des voies navigables en Europe (NAIADES, PLATINA).

Ajout d'une partie spécifique à la navigation dans le plan sectoriel des transports.

Navigation sur le Rhin

Crédits de cautionnement pour la flotte rhénane suisse.

⁶ Loi du 21 mars 1997 sur l'aide aux investissements dans les régions de montagne (LIM; RO 1997 2995); substituée par la Loi fédérale du 6 octobre 2006 sur la politique régionale (LPR; RS 901.0)

Reconnaissance – et soutien en cas de besoin – des ports d'importance nationale.

Navigation intérieure en Suisse

Réintroduction du remboursement de la surtaxe sur les carburants pour les entreprises de transport de marchandises sur les lacs et les rivières.

Aides pour la navigation touristique sur les lacs et les rivières. Les ressources financières nécessaires à la mise en œuvre de ces mesures ne sont toutefois pas disponibles actuellement.

4.6. Plan sectoriel des transports, partie Infrastructure navigation (SIF)

Le plan sectoriel des transports, partie Infrastructure navigation (SIF) prend appui sur les décisions du Parlement et du Conseil fédéral en matière de transports. Il sert de base aux décisions de la Confédération liées à la planification des transports, et plus précisément à l'élaboration de dossiers relatifs à la navigation ou à l'approbation de plans directeurs cantonaux.

Revêtant un caractère contraignant pour les autorités, le plan sectoriel des transports, partie Infrastructure navigation (SIF), coordonne les infrastructures relevant de la compétence de la Confédération. Sont principalement concernées les eaux exploitables pour la navigation à fort tonnage (voies navigables). Le SIF comporte une partie conceptuelle et des fiches d'objet ; il indique aussi la coordination territoriale des besoins. Les différentes fiches d'objet détaillent les projets d'infrastructure relevant du plan sectoriel en les complétant par une représentation cartographique. Elles contiennent des indications sur l'état de la coordination et du processus décisionnel et les renseignements nécessaires à la compréhension des choix opérés.

4.7. Procédure de commande de l'offre de transport

L'offre du transport régional de voyageurs (TRV) est commandée et financée conjointement par la Confédération et les cantons. Ceux-ci concluent avec les entreprises de transport (ET) une convention d'offre pour chaque période d'horaire ; cette convention règle l'offre (horaire) ainsi que l'indemnisation. La procédure qui mène à la signature d'une convention d'offre est appelée « procédure de commande ».

Les coûts de la grande majorité des lignes du transport régional de voyageurs (TRV) ne sont pas couverts. Afin que les entreprises de transport (ET) puissent desservir ces lignes malgré tout, la Confédération et les cantons subventionnent quelque 1400 lignes du TRV réparties entre 120 ET pour une somme annuelle de 2 milliards de francs. La « procédure de commande » sert à définir les indemnités versées par ligne.

L'indemnisation du TRV est une tâche commune à la Confédération et aux cantons. Dans ce contexte, la Confédération prend en charge environ 50 % de l'ensemble des coûts non couverts en Suisse.

La procédure de commande a toujours lieu pour une période d'horaire (ce qui correspond à deux années d'horaire, période actuelle : 2018/2019). Elle se déroule comme suit :

La Confédération et les cantons (commanditaires) indiquent aux ET ce qu'ils attendent de celles-ci en matière d'offre (horaire) compte tenu des moyens financiers disponibles (fin 2016 pour la période 2018/2019).

Sur cette base, les ET établissent leurs offres par ligne. Ces offres attestent les coûts planifiés ainsi que les recettes prévues de la vente des titres de transport. Le déficit résiduel est appelé « coûts non couverts planifiés », que les commanditaires indemnisent en vertu de l'art. 28, al. 1, de la loi sur le transport de voyageurs (LTV) (présentation de l'offre pour 2018/2019 : fin avril 2017). Les commanditaires et les ET négocient les offres et l'offre de l'horaire. Cette dernière peut subir des modifications du fait de la procédure d'établissement de l'horaire.

Une fois les offres mises au net, les commanditaires et les ET signent les conventions d'offre dans lesquelles les indemnités et leur répartition entre la Confédération et les cantons sont réglées. Lorsqu'une ligne dépasse les frontières cantonales, la participation cantonale est répartie au pro rata entre les cantons impliqués.

Dès le changement d'horaire, les ET fournissent les prestations convenues. L'utilisation réglementaire des indemnités fait l'objet d'une approbation annuelle des comptes.

5. Données chiffrées du secteur

5.1. Les voies navigables en suisse

Le réseau navigable suisse du transport public de personnes s'étendait en 2015 sur 548 km et comprenait essentiellement des trajets lacustres. Dans le transport de marchandises, c'est uniquement le Rhin qui est important pour la Suisse : grâce à ses trois ports de Bâle-Petit-Huningue, Muttenez et Birsfelden, il offre à notre pays un accès direct à la mer et aux ports commerciaux internationaux.

En 2019, 7 dessertes (5 compagnies) bénéficient des indemnités de la Confédération au titre de "desserte régionale"⁷ :

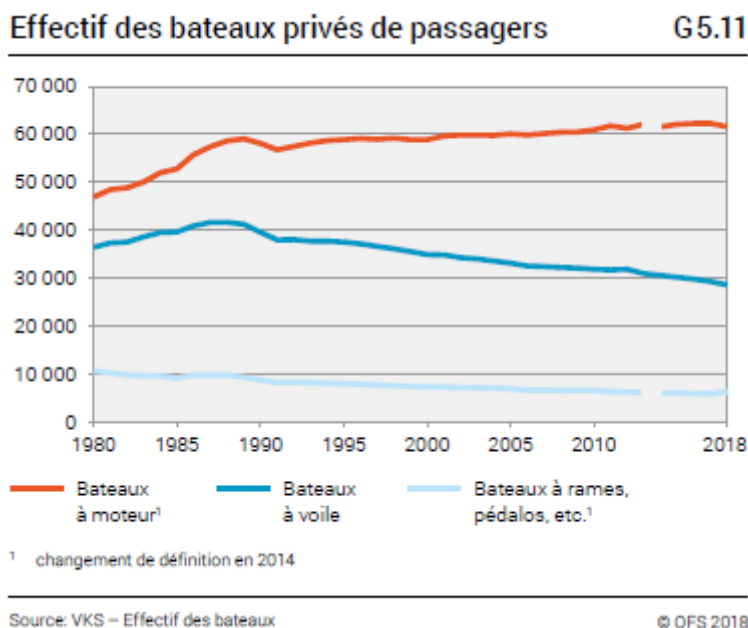
	<u>Ligne</u>	<u>ET</u>	<u>Compensation</u>	<u>Nombre de cours Lu.-Ve.</u>	<u>Nombre de cours Sa.</u>	<u>Nombre de cours Di.</u>	<u>Longueur de la ligne en Km</u>
<u>3150</u>	<u>Lausanne - Evian-les- Bains</u>	<u>CGN</u>	<u>275'960</u>	<u>15</u>	<u>15</u>	<u>13</u>	<u>6</u>
<u>3150</u>	<u>Lausanne - Thonon-les- Bains</u>	<u>CGN</u>	<u>1'483'543</u>	<u>14.5</u>	<u>12.5</u>	<u>10.5</u>	<u>9.5</u>
<u>3150</u>	<u>Nyon - Yvoire</u>	<u>CGN</u>	<u>865'121</u>	<u>23</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>3.5</u>
<u>3600</u>	<u>Luzern - Brunnen (- Flüelen)</u>	<u>SGV</u>	<u>809'000</u>	-	-	-	-
<u>3631</u>	<u>351 Locarno - Tenero - Magadino</u>	<u>SNL</u>	<u>1'600'702</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>10</u>	<u>6.2</u>
<u>3732</u>	<u>Küsnacht - Erlenbach - Thalwil (Querfahrten)</u>	<u>ZSG</u>	<u>341'382</u>	<u>14</u>	-	-	<u>4.1</u>
<u>3733</u>	<u>Männedorf - Stäfa - Richterswil - Wädenswil (Querfahrten)</u>	<u>ZSG</u>	<u>1'191'569.00</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>9.73</u>
<u>3810</u>	<u>Romanshorn Autoquai - Friedrichshafen Autoquai</u>	<u>SBS</u>	<u>701'711.00</u>	<u>8</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>13</u>

- CGN: Compagnie Générale de Navigation sur le Lac Léman
- SBS: Schweizerische Bodensee Schifffahrt
- SGV: Schifffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees
- SNL: Società Navigazione del Lago di Lugano
- ZSG: Zürichsee Schifffahrtsgesellschaft

⁷ Office fédéral des transports, donnée du 16 août 2019 remise à l'ABAZE

5.2. Bateaux

En 2015, 137 bateaux de passagers pour le transport public avec concession fédérale circulaient sur les lacs et les voies fluviales suisses, dont 122 bateaux à moteur et 15 bateaux à vapeur. Par ailleurs, de nombreux bateaux privés (bateaux de plaisance) naviguent sur les eaux suisses. En 2018, on recensait plus de 96 000 bateaux à voile ou à moteur avec une immatriculation officielle. Les bateaux à moteur sont particulièrement prisés : leur nombre a, de manière générale, augmenté ces dernières années, contrairement à celui des voiliers. La Suisse compte actuellement plus de deux fois plus de bateaux à moteur privés que de voiliers.



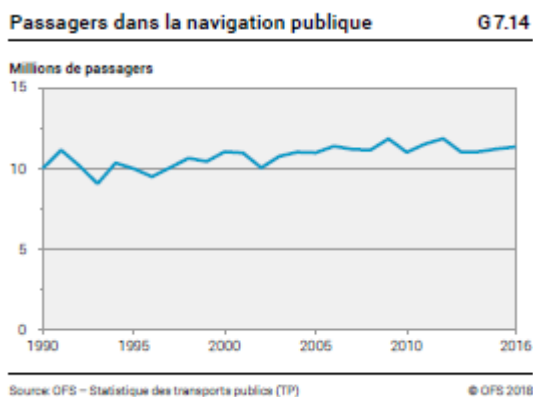
Dans le domaine du trafic naval de marchandises, on comptait, en 2017, 122 bateaux avec concession cantonale, 70 bateaux de marchandises enregistrés en Suisse *naviguant sur le Rhin ainsi que 35 navires de haute mer.*

5.3. Les métiers

Plus de 1000 professionnels sont engagés dans plus de 200 entreprises membres de l'Association suisse *des constructeurs navals*. Les chantiers sont spécialisés dans l'entretien et la réparation de bateaux de plaisance et d'embarcations utilitaires. Ils importent et exportent des bateaux et des moteurs, commercialisent des accessoires nautiques et des remorques pour le transport de bateaux, tâche qu'ils sont également à même d'accomplir. Chaque année, ce sont plus de 500 unités qui sont construites en Suisse, soit sous forme de modèles uniques, soit en petites séries.

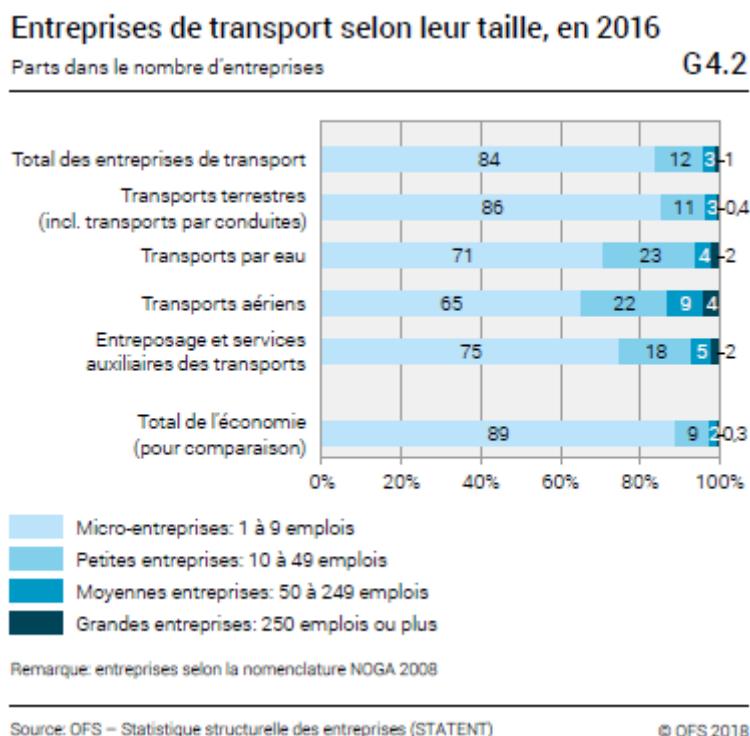
5.4. Nombre de passagers dans la navigation publique

En 2016, les bateaux des transports publics de passagers ont transporté environ 11,3 millions de personnes sur les lacs et cours d'eau de Suisse. Depuis 1990, le nombre de passagers présente globalement une légère tendance à la hausse (G7.14). Le taux d'occupation des bateaux de passagers, utilisés en premier lieu par les touristes, dépend toutefois beaucoup de la météo lors des weekends estivaux, ce qui entraîne au fil des années de nombreuses fluctuations du nombre de personnes transportées.



5.5. Les compagnies de navigation

La répartition des entreprises de transport, en fonction de leur taille :



La flotte des entreprises concessionnées⁸ :

Mitglied	Gewässer	Anzahl Schiffe	Davon mit Dampf- antrieb	Anzahl Plätze (Tragkraft)	Innenraum- sitzplätze
SGV	Vierwaldstättersee	20	5	12'232	4'330
CGN	Genfersee	19	5	11'380	3'680
ZSG	Zürichsee	17	2	7'353	3'500
BLS	Thuner- und Brienersee	16	2	9'790	3'010
FHM	Fähre Horgen – Meilen	5	-	1'500	250
SBS	Bodensee 1)	9	-	3'740	1'640
SNL	Luganersee + Langensee 2)	16	-	3'504	1'000
BSG	Bielersee und Aare	9	-	3'400	1'290
URh	Untersee und Rhein	6	-	2'720	820
LNH	Neuenburger- und Murtensee	10	(1)	3'420	1'100
SGZ/AeS	Zugersee/Aegerisee	5	-	1'230	570
BPG	Rhein bei Basel	3	-	1'440	810
SGH	Hallwilersee	5	-	911	420
SW	Walensee	5	-	710	360
SGG	Greifensee	3	(1)	320	150
16	Total	148	14 (16)	63'650	23'750

⁸ Factsheet VSSU / VVSSU, Verband Schweizerischer Schifffahrtsunternehmen, 2019

5.6. Coûts et financement des transports

Les transports en Suisse ont occasionné en 2015 des coûts totaux atteignant 89,7 milliards de francs. Ces coûts ont augmenté de 4% depuis 2010. Trois quarts d'entre eux ont été générés par les dépenses consacrées aux moyens de transport et aux infrastructures, le quart restant par les accidents et les atteintes à l'environnement et à la santé liés aux transports. La Confédération, les cantons et les communes ont dépensé ensemble 16,8 milliards de francs pour les transports en 2015, ce qui représentait 10% des dépenses totales de l'État.

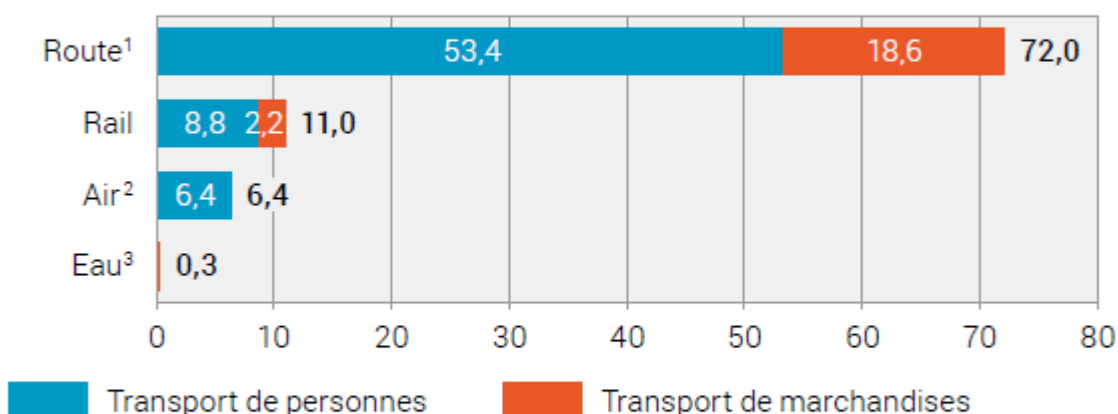
La navigation en Suisse n'engendre que de faibles coûts. Le transport de personnes dans la navigation publique a occasionné en 2015 des coûts de 0,2 milliard de francs, le transport de marchandises sur le Rhin des coûts de 0,1 milliard de francs. Les coûts des bateaux de plaisance privés (bateaux à moteur et bateaux à voile) ne sont pas recensés.

Coûts des transports de personnes et de marchandises selon le mode de transport, en 2015

Coûts totaux, incl. les coûts d'accidents, d'environnement et de santé

G 12.1

Milliards de francs



¹ sans la mobilité douce

² sans l'aviation générale

³ navigation publique de personnes sur les lacs et les fleuves (199 mio fr.), transports de marchandises sur le Rhin (144 mio fr.)

Source: OFS – Statistique des coûts et du financement des transports (CFT)

© OFS 2019

6. Les effets de la navigation sur les émissions de CO₂

La qualité des données disponibles pour le Canton de Genève permet une bonne évaluation, raison du focus sur ce canton dans cette partie.

6.1. Principes de base⁹

Les déplacements des résidents en bateau ont été estimés à partir des consommations de carburant des bateaux de transport ainsi que des bateaux de plaisance. Les transports effectués par les mouettes genevoises ainsi que par Swissboat se déroulent uniquement dans le canton de Genève. Concernant les transports effectués par la CGN, la consommation annuelle totale de carburant des bateaux de la société a été ramenée au pourcentage de passagers embarquant à Genève (9.7%).

Les visiteurs sont inclus dans les déplacements des résidents en bateau. Aujourd'hui, il est en effet impossible de distinguer les déplacements des résidents de ceux des visiteurs.

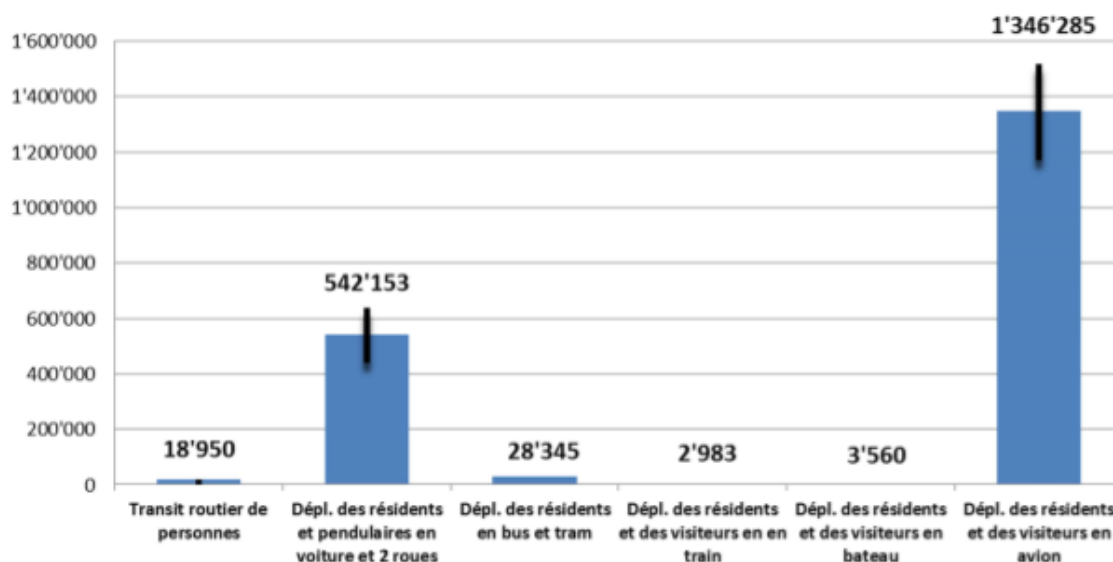
6.2. Estimation des impacts – exemple pour Genève

Déplacements des résidents et des visiteurs en bateau					
Titre	XY	Valeur	Unité	Source	Incertitude
Mouettes genevoises	O17	21'724	Litres	Mouettes genevoises	15%
CGN	O17	494'370	Litres	CGN	15%
Swissboat	O17	80'900	Litres	Swissboat	15%
Plaisanciers (essence)	O18	535'527	Litres	La Nautique, Marti Marine, Moby Dick, Corsier port	15%
Plaisanciers (diesel)	O17	55'000	Litres	La Nautique, Marti Marine, Moby Dick, Corsier port	15%

⁹ Bilan Carbone® territorial du canton de Genève

Avec un total de 1'942'276 tCO₂e, le poste d'émission "Déplacements de personnes" correspond à 33% du total du Bilan carbone du canton. Les déplacements des résidents et des visiteurs en avion comptent pour 69% des émissions du poste et pour 23% des émissions du canton. Ces émissions sont à nouveau à mettre en perspective avec la dimension régionale de l'Aéroport de Genève.

Déplacements de personnes : émissions de GES et incertitudes par poste, en tCO₂e



6.3. Estimation des impacts

Selon nos estimations, les bateaux des entreprises de navigation en Suisse émettent plus de 90'000 tonnes de CO₂ par année, soit l'équivalent de 6'500 ménages (Chaque personne en Suisse émet en moyenne 14 tonnes d'équivalent CO₂ (éq- CO₂ ou CO₂) par année. Les bateaux de plaisance émettent autant de CO₂.

7. Les leviers pour diminuer les émissions de CO₂

7.1. Se doter de motorisations électriques

Pour faire simple, un bateau électrique est une embarcation équipée d'un système de propulsion électrique complet (batterie, système électronique, moteur). Néanmoins, il est nécessaire de rappeler toutes les différentes solutions technologiques disponibles pour la propulsion des différents types de bateaux (semi rigide ou hors-bord, yacht, bateau de pêche, péniche...) Les caractéristiques des différentes catégories sont résumées ci-après, en considérant chronologiquement des applications zéro émission vers celle à émissions minimales.

7.1.1. Propulsion tout électrique (EB) Electric Boat

Ni groupe électrogène, ni moteur thermique à bord, mais uniquement un ou plusieurs moteurs électriques qui assurent la propulsion, alimentés par un ou des packs de batteries ou de piles à hydrogène fournissant l'énergie nécessaire à l'exploitation. La recharge des batteries s'effectue à quai généralement la nuit ou

pendant la pause méridienne sur le réseau électrique, ou la journée par l'intermédiaire de panneaux photovoltaïques.

C'est la seule solution qui peut être qualifiée de zéro émission locale pendant l'exploitation. Ce système est principalement utilisé par les bateaux de transport de passager, la location bateau (sans permis), et les plaisanciers. Beaucoup de chantiers navals essaient de développer des bateaux rejetant moins de CO₂ et de microparticules dans l'air. Les ferries sont notamment très concernés. Ces navires polluent énormément l'air des grands ports avant même d'être au mouillage sur les pontons.

La propulsion totalement électrique est plus simple d'utilisation dans le fluvial. En effet, les conditions, en eaux intérieures, sont plus propices car les bateaux de plaisances peuvent trouver généralement facilement des bornes électriques sur leur passage, tandis qu'en mer, il faudra faire attention au vent et à la houle qui peut décharger rapidement les batteries.

7.1.2. Propulsion hybride électrique (HEB) Hybrid Electric Boat

Il s'agit dans ce cas de l'association de plusieurs sources d'énergie pour alimenter le ou les moteurs, une de ces énergies est électrique. Deux solutions techniques sont à distinguer. Cependant dans chacun des cas il faudra comparer la capacité du pack batteries embarqué et la puissance des moteurs électriques afin de vérifier si le bateau peut être exploité en tout électrique de manière significative. A noter que l'appoint par panneaux photovoltaïques installés sur le toit du bateau améliore le fonctionnement tout électrique et tend à renforcer le label zéro émission.

7.1.2.1. Hybride parallèle

Dans ce type de chaîne de traction, l'entraînement de l'hélice est effectué au choix par un moteur électrique ou un moteur thermique. Cette solution a pour avantage de pouvoir réduire la puissance des deux moteurs : ils peuvent fonctionner alternativement mais aussi de manière combinée lors de forts besoins en puissance.

Lorsque le moteur électrique, alimenté par des batteries, entraîne l'hélice, le moteur thermique peut entraîner une génératrice qui recharge les batteries. Dans ce mode de fonctionnement, cette propulsion peut être qualifiée de « zéro émission » uniquement lorsque que le pack de batteries est la source principale d'énergie et que celles-ci sont principalement rechargées sur le quai. La recharge à partir de la génératrice n'étant qu'un appoint : c'est un fonctionnement de type « range extender » décrit ci-après.

Lorsque le moteur thermique entraîne l'hélice, il s'agit d'un fonctionnement thermique classique avec les émissions d'un tel moteur, donc pas de qualificatif « propre ».

7.1.2.2. Hybride série

On parle de solution hybride série dès lors que la propulsion finale (entraînement de l'hélice) est toujours assurée par un moteur électrique (alimenté par des batteries ou un groupe électrogène.). Cette propulsion peut être qualifiée de « zéro émission » uniquement lorsque le pack de batteries est la source principale d'énergie et que celles-ci sont principalement rechargées sur le quai.

7.1.3. Propulsion à moteur thermique d'appoint ou prolongateur d'autonomie (« range extender »)

Quand la propulsion principale est un moteur électrique alimenté par un pack de batteries et qu'il existe un moteur thermique de faible puissance capable de recharger les batteries. Cette solution est à classer « émission minimale » car le fonctionnement du moteur thermique est peu fréquent et activé uniquement en cas de besoin d'autonomie supplémentaire.

7.1.4. Propulsion diesel électrique

Cette chaîne de traction correspond à un hybride série auquel les batteries de stockage électrique seraient ôtées. Ce type de motorisation ne permet donc pas un fonctionnement sur batteries et émet donc en permanence des GES. Cependant pour une puissance à fournir aux hélices, le régime du moteur est indépendant de la vitesse des hélices ce qui permet un gain important de rendement du moteur Diesel et donc une réduction significative des émissions de GES. Mais en aucun cas malgré les améliorations du rendement global, il ne s'agit d'un bateau à faible émission, cependant il peut être considéré à émission minimale dans le cas des technologies récentes.

7.1.5. Motorisations auxiliaires

Cette application doit être citée car la majorité des moteurs auxiliaires d'un voilier ou catamaran sont maintenant des moteurs électriques dont l'énergie, stockée dans des batteries, provient de capteurs solaires, d'éolienne ou de système hydrolien. Certes globalement marginales, ces applications aboutissent à des bateaux zéro émission.

A noter que la totalité des propulseurs d'étraves sont aussi électriques. Il s'agit dans ces cas de moteurs de quelques watts sans comparaison avec la puissance des moteurs de propulsion.

7.2. Miser sur l'hydrodynamique des coques

Une stratégie zéro-emission est à coupler avec une bonne réflexion quant à l'architecture navale de la flotte, afin de limiter au maximum les effets de la traînée hydrodynamique. On peut décomposer la traînée hydrodynamique en six éléments (décomposition de Bethwaite dans HPS)

- La traînée de forme
- La traînée de friction
- La traînée de création de vague
- La traînée induite de dérive
- La traînée de braquage du safran
- La traînée d'impact des vagues

Il est important de noter que ces six facteurs sont fonction des types de bateaux, des circonstances de navigation et des régimes, ces traînées vont prendre des importances relatives très différentes.

C'est pourquoi, il faut veiller à la configuration optimale de la structure du bateau.

7.2.1. Catamaran

Avec des moteurs classiques et une subtile répartition des poids pour l'empêcher de se retourner, un catamaran peut atteindre des vitesses de 40 à 60 noeuds selon les modèles (de 75 à 110 km/h), en restant des plus économiques, jusqu'à deux fois moins selon les profils retenus.

En mer et dans le transport de passagers, on estime aujourd'hui que pour aller à 100 milles des côtes à une vitesse moyenne de 40 nœuds, il faut un bateau de 36 mètres, pesant 120 tonnes et pouvant embarquer 40 personnes, soit une consommation par passager de 30 litres de carburant pour 100 km. Selon le directeur général d'A2V, pour 60 passagers, il suffit d'un bateau de 24 mètres qui consomme 10 litres par passager pour 100 km, et à 60 nœuds.

Au total, cela représente une économie de plusieurs millions de litres de fioul chaque année, un argument de poids pour l'environnement - encouragé d'ailleurs par des bourses de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe)- mais aussi pour la rentabilité d'un investissement de l'ordre de deux millions d'euros.

Les performances des navires d'A2V sont liées à la structure du catamaran, qui a fait l'objet de nombreux brevets. La proue ouverte laisse entrer beaucoup d'air sous la plateforme, l'air s'y retrouve comprimé, ce qui crée la fameuse "portance" semblable à une aile d'avion. Le bateau ainsi soulevé, la coque a une surface immergée plus faible, réduisant ainsi la trainée hydrodynamique. Résultat : le bateau peut aller plus vite tout en consommant moins.



Enfin, le bateau a besoin d'embarquer moins de carburant que les autres, ce qui réduit son poids et lui permet de fait d'aller plus vite plus facilement, la portance commençant autour de 25 nœuds. C'est un véritable cercle vertueux.

7.2.2. Bateau à foil



Un hydroptère, hydrofoil boat en anglais, est un type de bateau dont la coque s'élève et se maintient en équilibre hors de l'eau à partir d'une certaine vitesse grâce à la portance d'un ensemble d'ailes immergées ou foils, qui fonctionnent selon le même principe qu'une aile d'avion. En supprimant la traînée de frottement et de vague de la coque, cette technique permet d'augmenter la vitesse des bateaux.

7.2.3. Profil de la coque

Un bulbe à l'avant du bateau aide à diminuer la résistance de la vague tout en augmentant la longueur de coque du bateau. Il apporte du volume sur l'avant du navire.



Cette pièce diversement travaillée favorise la progression dans l'eau de la coque. Sa forme entraîne une légère dépression en avant du navire. Un bulbe bien dessiné peut aider à réduire entre 15 à 30 % de traînée et diminuer d'autant la consommation.

Dans le but de réduire son empreinte écologique et les émissions de CO2 de sa flotte, CGN-technique a démarré un projet d'envergure appelé « Fuel saving initiative ». Le

premier bateau qui a bénéficié de ce programme d'optimisation est le « Léman ». La coque de ce bateau datant de 1990 a été améliorée par l'ajout d'un bulbe à l'avant et d'un Duck-Tail à l'arrière de la coque. Une fois ces travaux réalisés au printemps 2018, les essais¹⁰ de performances ont confirmé un gain de 23% sur la consommation du « Léman ».

8. Les différentes sources d'énergie

8.1. Les batteries

Les batteries permettent le stockage d'énergie électrique, ce sont des éléments clefs pour la propulsion électrique. Leurs technologies sont en constante évolution.

Le plus grand ferry entièrement électrique au monde, baptisé E-ferry Ellen, a effectué jeudi 15 août 2019, son premier voyage commercial, reliant les ports de Søby et de Fynshav, sur les îles de Aerø et Als, dans le sud du Danemark. Ce navire révolutionnaire, capable d'embarquer plus de 30 véhicules et quelque 200 passagers, se déplace grâce à un système de batterie d'une capacité inédite de 4,3 MWh fournie par Leclanché SA, l'une des principales sociétés mondiales de stockage d'énergie électrique.



Sur une année, il va permettre d'éviter la génération dans l'atmosphère de 2000 tonnes de CO₂, de 42 tonnes de NO_x, de 2,5 tonnes de particules et de 1,4 tonnes de SO₂.

8.2. Motorisation hydrogène

Un navire à hydrogène est un navire qui utilise la transformation de l'hydrogène et de l'oxygène de l'air en vapeur d'eau en produisant de l'électricité comme énergie de propulsion.

Dès 1996, l'Institut d'Energie et Systèmes électriques a développé en des prototypes de bateaux à propulsion électrique équipés de piles à combustible de 100 et de 300 W ("Hydroxy 100", "Hydroxy 100 LS", "Hydroxy 300"). L'expérience acquise lors de ces projets a permis de développer un catamaran plus grand, dans le but de continuer à tester l'utilisation des piles à combustible dans des conditions réelles, avec cette fois un bateau familial utilisable pour la navigation

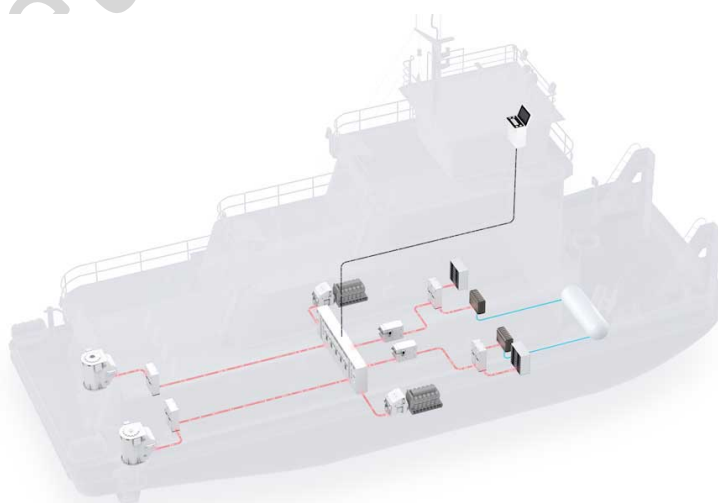
¹⁰ Rapport annuel 2018 de la CGN

de plaisance sur les lacs ou les canaux. La pile à combustible de type PEM qui équipe l'"Hydroxy 3000" a une puissance électrique nominale de 3 kW. Elle est alimentée en Hydrogène depuis une bouteille de 76 litres à 200 bars.



Energy-Observer est le premier navire hydrogène autour du monde, mis à l'eau en avril 2017. L'objectif du navire est de tester et démontrer l'efficacité d'une chaîne de production énergétique complète reposant sur le couplage de différentes énergies renouvelables. Après sa mise à l'eau, le navire est parti pour un tour du monde de six ans (2017-2022) afin d'optimiser ses technologies et de promouvoir des solutions durables pour la transition énergétique.

En mai 2019, un bateau pousseur fonctionnant à l'hydrogène a été lancé en vue qu'il soit exploité par la Compagnie Fluviale de de Transport (CFT). Le navire sera livré en 2021. Financée par l'Europe et intégrée au projet européen Flagships, l'initiative à laquelle est associé ABB vise à concevoir une installation permettant à une pile de 400kW d'alimenter toutes les activités du bateau.



8.3. Bateaux solaires

Un bateau solaire est équipé de surfaces recouvertes de solutions photovoltaïques et adaptées aux contraintes des milieux nautiques les plus exigeants. Selon la taille des panneaux, cela permet une certaine autonomie jusqu'à une certaine vitesse.



9. Infrastructures électriques dans les ports et infrastructures de recharge

Les ports de plaisance sont généralement dotés de prises de faible intensité pour la consommation des navigateurs. En Suisse, dans la plupart des ports, l'intensité est de 10 ampères pour les prises monophasées 230V, et de 25 ampères pour les prises triphasées 400V.

Aujourd'hui, aucune infrastructure publique en Suisse ne dispose de bornes de recharge rapide pour bateau électrique.

Dans les ports privés, la 1ère borne de recharge rapide pour bateaux électriques a été installée à Genève dans le Port de La Société Nautique, conjointement avec SIG et ABB.



Le temps nécessaire pour retrouver une autonomie complète et des batteries pleinement chargées est un enjeu majeur pour le développement de la motorisation électrique sur les lacs et cours d'eau. Le développement de stations de recharge rapide est une condition cadre de son développement.

9.1. Infrastructure de recharge standard – petites unités

Les véhicules électriques actuellement dans le commerce¹¹ sont caractérisés par un système de recharge de type conducteur, dans lequel le transfert d'énergie du réseau au véhicule s'opère à travers un câble. Ceux qui désirent ne pas consentir de gros investissements estiment qu'une installation à domicile de 3,7 kW (230 V/16 A) est suffisante. D'autres prenant notamment en compte l'autonomie croissante des voitures électriques sont partisans d'installations de 11 kW (400 V/16 A).

Généralement, la charge peut être réalisée de deux manières distinctes :

¹¹ Guide d'installation de recharge pour véhicule électrique, Protoscar SA, Edition 2017

Recharge “on-board”, AC (courant alternatif)

Un convertisseur est placé dans le véhicule dans lequel la conversion courant alternatif/courant continu s'effectue. La puissance de recharge typique actuellement est de 3,7 à 22 kW.

Recharge rapide DC (courant continu) - “off-board”,

La conversion du courant alternatif du réseau vers le courant continu des batteries s'effectue dans la borne de recharge (EVSE), placé en dehors du véhicule. Comme le volume et la masse ne sont pas des contraintes, la puissance de recharge peut être plus élevée. Ces bornes vont de 22kW à 350 kW. Les puissances les plus élevées peuvent nécessiter une installation électrique spécifique.

Pour les plus grosses unités de propulsion, il s'agit de mettre en place de véritable système de recharge.

9.2. Recharge flash (Biberonnage)

La technologie TOSA, développée par ABB pour des bus, est constituée de stations de recharge localisées à certains arrêts le long du parcours qui permettent un transfert d'énergie rapide sans intervention humaine entre le réseau électrique et les batteries des véhicules.

Il existe trois types de stations de recharge :

- Stations flash (Flash Feeding Station – FFS)
- Stations terminales (Terminal Feeding Station - TFS)
- Stations au dépôt (Depot Feeding Station - DFS)

Les stations flash ont pour fonction de recharger partiellement les batteries embarquées des bus pendant le temps de montée et descente des passagers aux arrêts, soit 20 secondes. Elles sont équipées d'un module de stockage permettant un lissage des pointes de consommation électrique limitant ainsi les risques de surcharge du réseau.

Il s'agit de batteries Lithium-ion (LIB). Ce choix est justifié par un volume et un coût beaucoup plus faible des batteries. Les batteries sont dimensionnées avec une capacité de stockage de 88 kWh, ce qui est surdimensionné afin de pouvoir fournir la pleine puissance ainsi que d'avoir un réservoir nécessaire pour gérer un train de bus (un bus qui suit l'autre).

Ce cycle de charge/décharge permet d'estimer une durée de vie de 10 ans pour le module LIB des stations de recharge flash. Pour un fonctionnement optimal des batteries, il est nécessaire de maintenir une température inférieure à 45° dans le module de stockage d'énergie. Un refroidissement à eau a donc été étudié afin de maximiser la durée de vie des batteries.

Le bruit généré à l'extérieur de l'armoire par la climatisation, l'échangeur air/eau et les ventilations a fait l'objet d'une grande attention afin de maintenir le niveau des émissions sonores bien en deçà des limites légales de l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB RS 814.41).

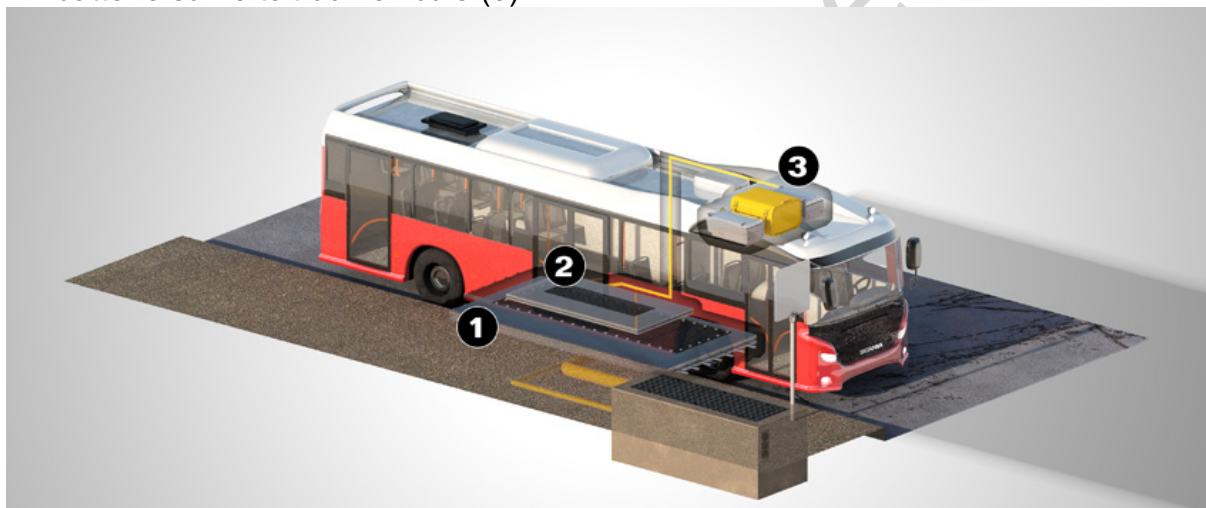
Les stations terminales ont pour fonction le chargement complet des batteries des véhicules durant le temps de la remise à l'heure au terminus (4-5 minutes). Du fait du taux d'utilisation élevé (très faible intervalle de temps entre chaque recharge),

ces stations ne sont pas équipées d'un module de stockage d'énergie (tel que batteries, supercapacités, etc.) qui permettraient de réduire la puissance de raccordement. Celle-ci est de 436 kVA, offrant une puissance de sortie de 400 kW environ.

Une potence de recharge complète les infrastructures des stations flash et terminales. S'élevant à plus de 7 mètres, elle supporte un rail dans lequel vient se connecter le bras automatique articulé des véhicules. Ce rail, situé à une hauteur de 4.5 mètres au-dessus de la chaussée, permet le transfert d'énergie entre les armoires électriques et les batteries des bus. Lorsqu'aucun bras n'est connecté dans le rail, il n'y a aucun courant électrique dans la potence et dans le rail, pour une sécurité totale. Se faisant par contact, le transfert d'énergie ne génère aucun champ électromagnétique, à la différence d'autres technologies de transfert d'énergie, telles que l'induction.

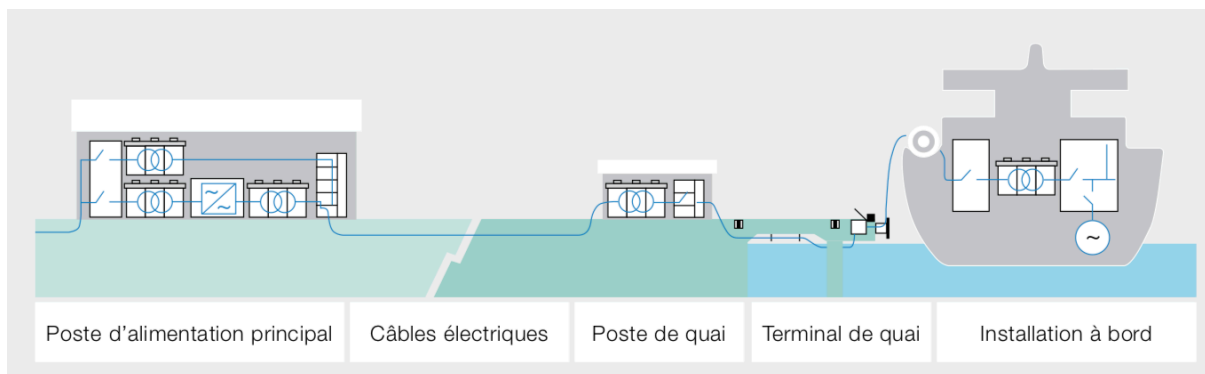
9.3. Recharge par induction

La recharge du bus électrique par induction s'effectue à l'un de ses arrêts. Les bobines situées sous la route et dans le plancher du bus (1 et 2) permettent, sans contact physique, de transférer de l'électricité qui est acheminée jusqu'à la batterie sur le toit du véhicule (3)



9.4. Les branchements à quai

Dans le secteur du transport maritime, les ports concentrent une part importante des émissions polluantes. Dans le monde, les autorités portuaires, les armateurs, les constructeurs et équipementiers navals ainsi que les régulateurs suivent de près l'évolution des technologies de « connexion électrique des navires à quai ». Le branchement direct à quai impose des investissements à la fois de l'armateur et des autorités portuaires qui doivent soit modifier les infrastructures existantes, soit en construire de nouvelles.



Dans la communauté européenne, un arrêté prévoit que des systèmes de connexion haute tension soient mis en œuvre pour alimenter les navires nécessitant une alimentation électrique supérieure à 1 MW, en escale dans un port. Cet arrêté s'inscrit dans le cadre de la Directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22/10/2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs (électricité et hydrogène). Cela se traduit par la construction d'installations électriques haute tension avec postes de transformation de puissance suffisante pour alimenter plusieurs navires.

10. Taxation des moteurs électriques

Les Cantons perçoivent une taxe pour tout véhicule automobile à moteur, bateau ou remorque immatriculée.

A Genève, l'impôt est prélevé selon la puissance du moteur. Aucune différence n'est faite pour la taxation d'un moteur électrique.

Exemple :	Moteur	Impôt 2012
Quicksilver	55 kW	SFr. 356.50
Bayliner	93 kW	SFr. 603.50
Sea Ray	153 kW	SFr. 993.50
Bayliner	160 kW	SFr. 1'039.00
Cranchi	202 kW	SFr. 1'312.00

Dans le Canton de Vaud, la taxe est réduite de 50 % sur les bateaux mus par des moteurs électriques.

11. Effets d'une stratégie Zero emission

11.1. Bateaux de plaisance v/s transport de passager

Pour le transport de passager, les flottes existantes sont composées de bateaux historiques qui nécessitent d'importants investissements pour les convertir à l'électrique vu leur grande taille. Le potentiel est réel pour remplacer des bateaux sans intérêt patrimonial et/ou développer de nouvelles liaisons lacustres.

Pour la plaisance, les moteurs deux temps ou petits moteurs peuvent être facilement remplacés par des petites motorisations électriques avec batteries transportables. Pour ceux qui recherchent la performance, on commence à trouver des systèmes avec des puissances plus élevées à recharge rapide mais pour en profiter, il faut que les infrastructures de recharge suivent.

11.2. *Coûts d'exploitation de la flotte*

Le matériel navigant de taille moyenne (moins de 60 places) est optimal sur le lac car les manœuvres sont plus aisées sur des tracés de rive à rive (exemple entre Corsier et Versoix) et le capitaine n'a pas l'obligation d'être accompagné par un deuxième ou troisième membre l'équipage. Par ailleurs, la gestion des pics est plus aisée : aux heures creuses, on peut diminuer le nombre et la cadence. Cela évite des grands bateaux qui naviguent avec peu de personnes à bord.

11.3. *Motorisation du bateau*

En Suède et Norvège, des ferry 100% électriques ont été mis au point et assurent des dessertes commerciales. En Suisse, les compagnies de navigation examinent les opportunités mais sans un appui des collectivités publiques cela risque de prendre du temps. Par exemple, la compagnie des Quatre Cantons a inauguré l'année dernière une motorisation hybride sur un nouveau bateau. La CGN veut également se doter de moteurs hybrides pour ces deux nouvelles navettes lacustres pour la liaison entre Evian et Lausanne.

12. Se doter de stratégies ZeroEmission

Nous encourageons la Confédération et les cantons à se doter de stratégie Zero Emission. Les axes suivants sont proposés :

- *Exonérer les bateaux à propulsion électrique de la taxation sur les bateaux (loi contribution publique)*
- *Soutenir la reconversion de bateaux avec motorisation moteur vers une motorisation électrique, y compris pour les voiliers au bénéfice d'un nouveau moteur d'appoint*
- *Equipment des ports en places spécifiques pour bateaux électriques avec bornes de recharges*
- *Soutien à l'installation de bornes de recharge dans les ports / marinas privées*

Plus spécifiquement en faveur des compagnies de navigation.

- *État des lieux des flottes existantes et possibilités de reconversion*
- *Soutien à la reconversion*
- *Financement de projets pilote de navette 100% électrique*
- *Identification des tracés pour le développement de nouvelles lignes zero-émission*
- *Soutien à l'investissement d'infrastructures à quai*

13. Financement de la stratégie ZeroEmission

- 13.1. *Leasing écologique*
- 13.2. *Compensation émission*
- 13.3. *Programmes d'incitation*
- 13.4. *Source de financement pour projets*

14. Conclusions

La suisse gagnerait à être proactive dans la transition lacustre. En effet, une stratégie Zero Emission Boat serait un bienfait tant pour le climat que pour la recherche technologique et l'emploi en suisse. Nous espérons que ce rapport contribuera à accélérer cette transition.

ANNEXES – Rapport de l'ABAZE

1. Mobilité et transports, Rapport statistique 2018, Office fédéral de la statistique (OFS), 2019
2. Coûts et bénéfices externes des transports en Suisse, Transports par la route et le rail, par avion et par bateau 2016, Office fédéral du développement territorial (ARE), 2019
3. Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse, Publié par l'Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne, 2019
4. Transports publics – pour la Suisse - Stratégie de l'OFT 2019, Mai 2019
5. Rapport du Conseil fédéral sur la politique suisse en matière de navigation du 14 octobre 2009
6. Loi du 21 mars 1997 sur l'aide aux investissements dans les régions de montagne (LIM; RO 1997 2995); substituée par la Loi fédérale du 6 octobre 2006 sur la politique régionale (LPR; RS 901.0
7. Office fédéral des transports, donnée du 16 août 2019 remise à l'ABAZE
8. Factsheet VSSU / VVSSU, Verband Schweizerischer Schifffahrtsunternehmen, 2019
9. Bilan Carbone® territorial du canton de Genève
10. Rapport annuel 2018 de la CGN
11. Guide d'installation de recharge pour véhicule électrique, Protoscar SA, Edition 2017