

Substitution de la propulsion thermique des bateaux par des énergies renouvelables

Etudiants: Georgia Togni, Alberto Fontana

Entreprise: Holcim, Yvan Aubord
Superviseur EPFL: Tristan Revaz

Contexte

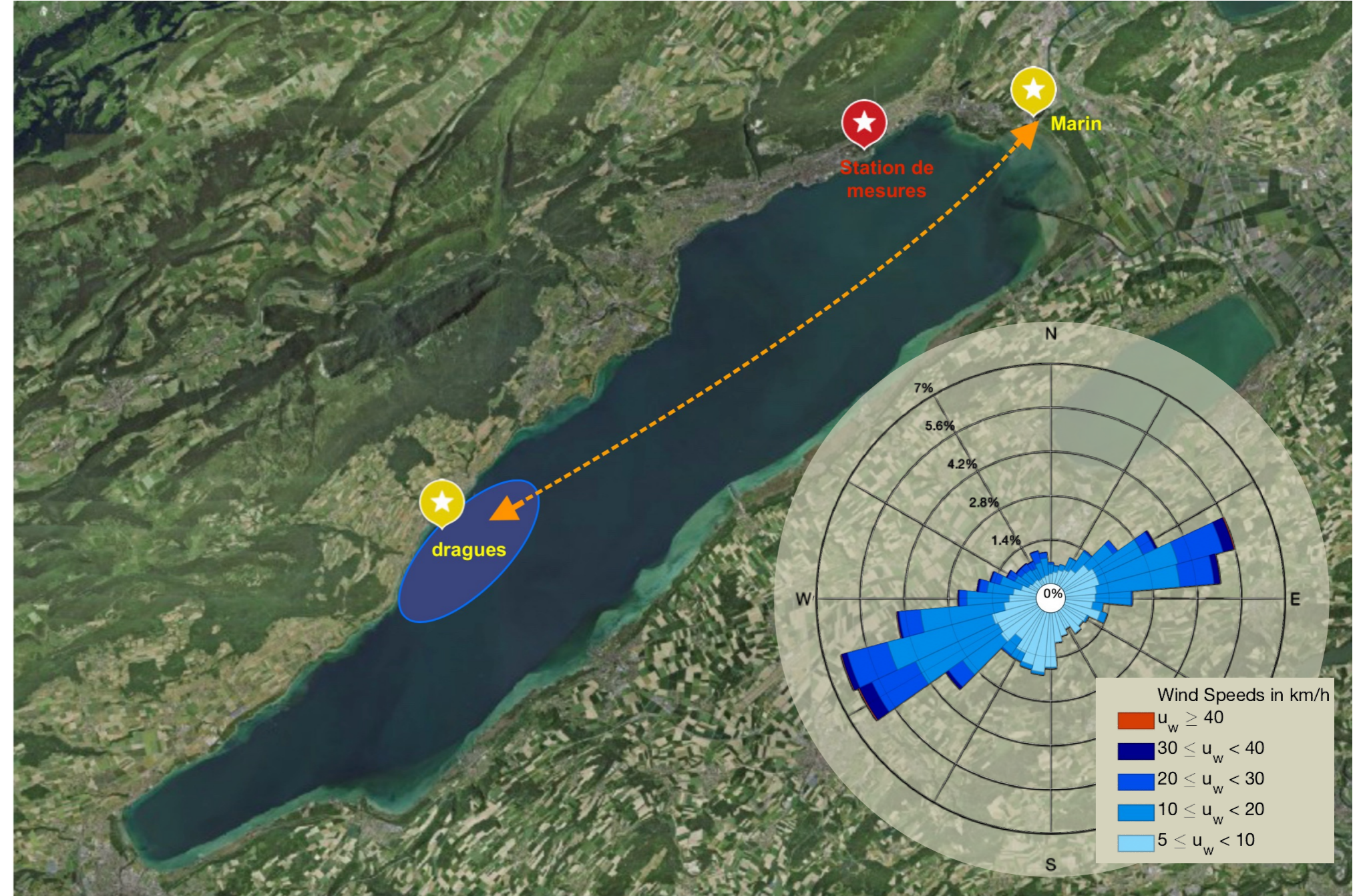
Le transport maritime représente environ 3.1% de l'ensemble des émissions annuelles mondiales de CO₂ et 11% des émissions du secteur des transports. L'OMI (Organisation Maritime Internationale) a fixé des objectifs de réduction de l'intensité carbone du transport maritime d'au moins 40% d'ici 2030 et 70% d'ici 2050 par rapport aux niveaux de 2008. Ces objectifs contribuent à atteindre ceux fixés par le gouvernement fédéral suisse dans la stratégie climatique à long terme 2050.

Situation:

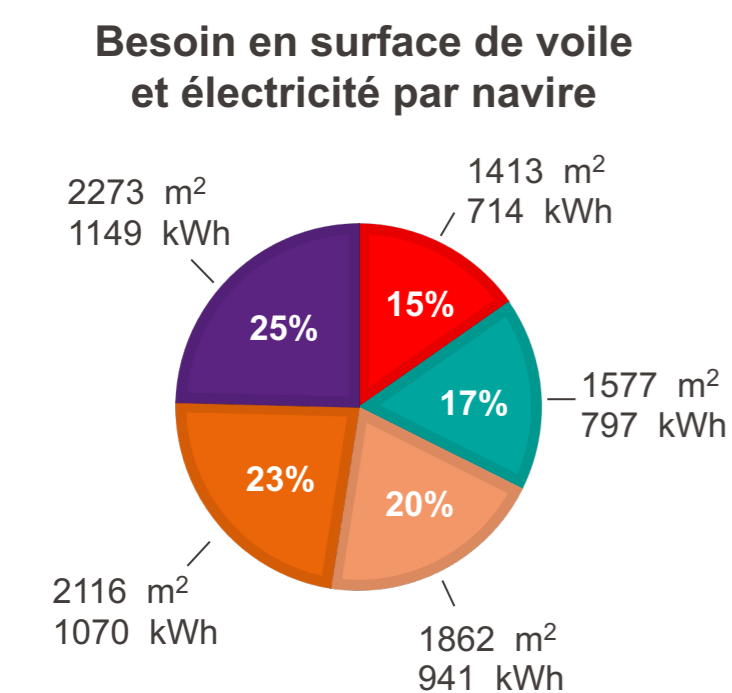
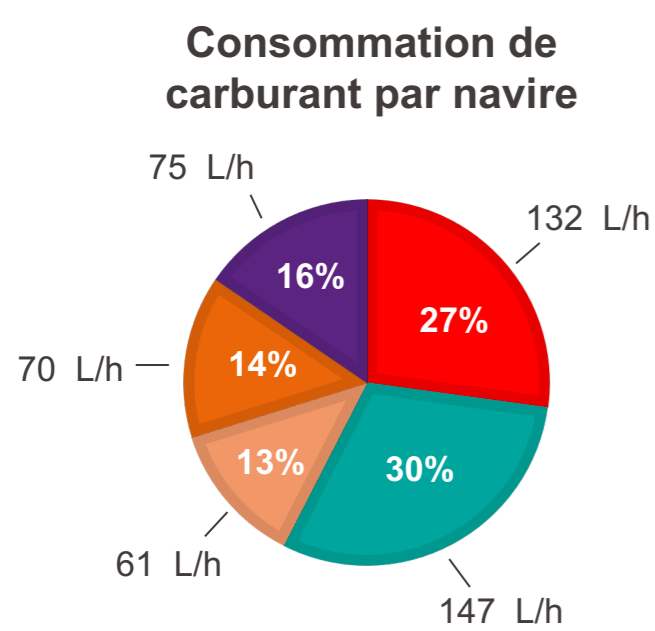
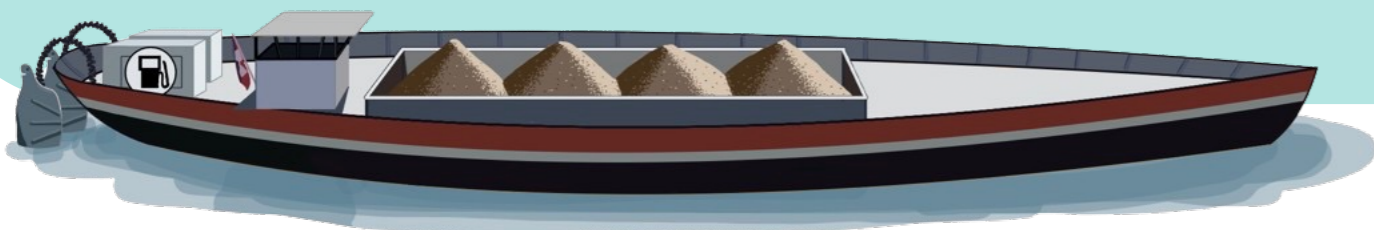
- Holcim prélève le sable et le gravier nécessaires à la production de béton au fond du lac de Neuchâtel grâce à deux dragues;
- Cinq bateaux sont utilisés pour transporter les matériaux extraits jusqu'à la rive du site de Holcim à Marin; ils sont équipés d'un système de propulsion à moteur diesel;
- La forte consommation de carburant des navires entraîne une émission de CO₂ importante et des coûts élevés pour l'exploitant.

Le but du projet est d'explorer la viabilité de modes de propulsions renouvelables, en particulier:

- **Propulsion électrique:** remplacement le moteur diesel par un moteur électrique et installation des batteries pour stocker l'énergie nécessaire à la navigation;
- **Propulsion éolienne:** installation de voiles qui exploitent la force du vent.



Lac de Neuchâtel avec le trajet des navires et rose des vents sur 10 ans

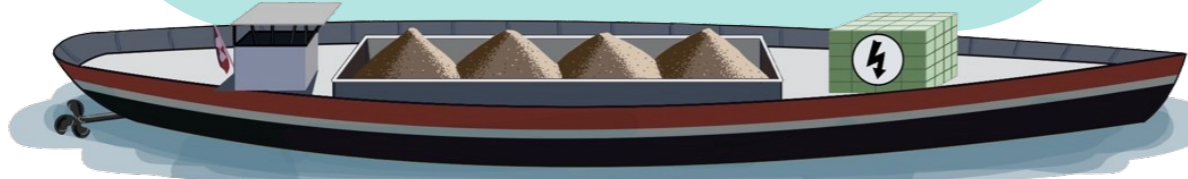


- La Tene
- La Thielle
- Neuchatelois II
- Saint-Blaise
- La Nicca

Batteries

Pour étudier la faisabilité du mode de propulsion électrique par l'utilisation de batterie, nous avons:

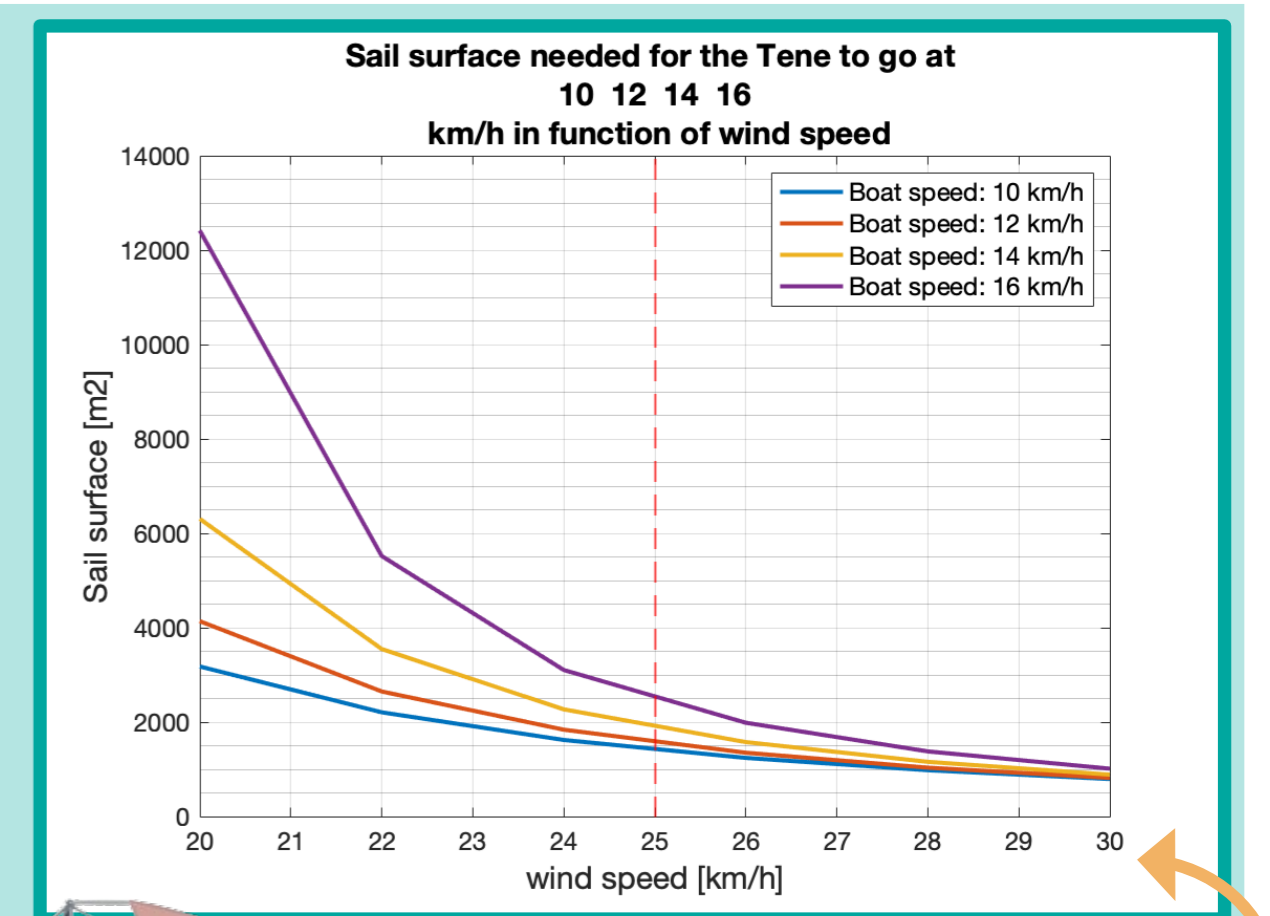
- Vérifié que les exigences de volume et de poids ne soient pas excessives. Il a été déterminé qu'elles ne posent pas de problème;
- Quantifié les besoins annuels en électricité selon les heures de navigation effectuées;
- Comparé les besoins en électricité avec l'énergie solaire produite sur le site de Marin, estimée à 328 MWh pour une surface de panneaux photovoltaïques (PV) de 1727 m².



Voiles

Pour étudier la faisabilité de l'installation de voiles sur les navires nous avons:

- Analysé les vents sur le lac pendant les 10 dernières années et conclu que les navires naviguent la plupart du temps avec un vent arrière ou un vent de face;
- Dimensionné les surfaces de voile nécessaires pour être propulsé par le vent en fonction de la vitesse du vent et de la vitesse de croisière du navire en utilisant les puissances des navires. Ceci est illustré sur le graphique à droite pour le navire *La Tene*.



Surface de voile nécessaire pour maintenir une certaine vitesse de croisière en fonction du vent

25 km/h de vitesse de vent est un compromis entre l'occurrence de la vitesse du vent et la surface de voile associée. Cette vitesse du vent est présente en moyenne 45 jours par an, pour un total de 262 heures.

Les différents types de propulsion renouvelables ont été appliqués à toute la flotte (scénarios 1 et 3) mais aussi uniquement à *La Tene* (scénarios 2, 4 et 5) car c'est le navire, avec *La Thielle*, qui consomme le plus de carburant.

	Besoin en électricité par an	Surface PV nécessaire
S1	916 MWh	4823 m ²
S2	131 MWh	690 m ²

S1: Batteries sur toute la flotte

Cette configuration permet de réduire de 100% la consommation du carburant et d'éviter l'émission de **841 tonnes de CO₂** par an.

S2: Batterie sur La Tene

Cette configuration permet de réduire de 27% la consommation du carburant et d'éviter l'émission de **228.3 tonnes de CO₂** par an.

S3: Voiles sur toute la flotte

Cette configuration permet d'utiliser les voiles 8% du temps et de réduire les émissions de **68.6 tonnes de CO₂** par an.

S4: Voiles sur La Tene

Cette configuration permet d'utiliser les voiles 2.2% du temps et de réduire les émissions de **18.6 tonnes de CO₂** par an.

Hybride

L'installation conjointe de batteries et de voiles permet de réduire la consommation de carburant de 27%, et en exploitant le vent, les besoins en batteries diminuent de 8% par rapport au S2 (121 MWh par an).

S5: Hybride sur La Tene

Cette configuration permet de réduire les émissions de **228.3 tonnes de CO₂** par an.

Conclusion

Les résultats montrent que les voiles et les batteries sont deux technologies adaptées au transport lacustre, mais leur installation sur l'ensemble de la flotte pose des défis majeurs. Pour les voiles, des grandes surfaces sont requises, tandis que pour les batteries, il faut trouver un moyen d'obtenir l'énergie électrique nécessaire (installation de panneaux solaires supplémentaire ou achat par le réseau). Les technologies renouvelables, comme c'est souvent le cas, sont plus efficaces lorsqu'elles sont utilisées de manière complémentaire et ciblée pour améliorer la performance des navires les plus gourmands en énergie. De plus, les voiles sont un véritable atout pour ce projet car elles constituent une considérable source de marketing pour Holcim.

