



**CÉGEP DE  
JONQUIÈRE**

## **LES 12 TRAVAUX DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE**

Mémoire soutenant l'audition aux Plans du Canada en matière d'énergie propre dans le contexte de la transformation de l'énergie en Amérique du Nord

### **Rédigé par**

Martin Bourbonnais, M.Sc.

Titulaire du Centre des Technologies des Énergies renouvelables et du rendement énergétique (Centre TERRE), intégré au Centre de production automatisée (CPA) du Cégep de Jonquière

Centre TERRE financé par le Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et Génie du Canada (CRSNG)

25 octobre 2023

## TABLE DES MATIÈRES

Présentation .....	1
Constats.....	2
Contexte du mémoire.....	3
Travail 1 : Passer de l'ébriété à la sobriété énergétique .....	3
Travail 2 : Chaque région a un mix énergétique optimal différent qu'il faut optimiser.....	5
Travail 3 : Assurer la souveraineté Énergétique des peuples.....	6
Travail 4 : Renforcer la production renouvelable stabilisante.....	7
Travail 5 : Intégrer progressivement des énergies renouvelables intermittentes.....	7
Travail 6 : Mise à profit des batteries thermiques dormantes.....	9
Travail 7 : L'approvisionnement durable des sites isolés .....	9
Travail 8 : L'automatisation (3.0) et la numérisation (4.0) .....	12
Travail 9 : Pousser le levier législatif.....	13
Travail 10 : La formation de main-d'œuvre qualifiée .....	13
Travail 11 : Accroître significativement la capacité en recherche appliquée.....	16
Travail 12 : Réfléchir et faire la transition avec et pour toute la société.....	16
Recommandations du mémoire .....	17
Remerciements.....	21

## PRÉSENTATION

Le Cégep de Jonquière, fondé en 1967, compte aujourd’hui sur une équipe d’employés mobilisée de plus de 600 personnes. Plus de 350 enseignants y assurent un encadrement intellectuel et pédagogique dans 31 programmes de formation, dont six programmes préuniversitaires, 24 programmes techniques et le cheminement Tremplin DEC<sup>1</sup>.

Le Cégep de Jonquière peut également compter sur une offre de programmes techniques qui forme un pôle d’expertise multidisciplinaire unique au Québec. Parmi les 21 programmes de formation technique offerts, neuf sont regroupés dans la famille des techniques physiques où il y a une rareté de main-d’œuvre importante.

TERRE est l’acronyme utilisé depuis 2007 au Cégep de Jonquière pour définir les actions et réalisations dans le domaine des Technologies des Énergies Renouvelables et du Rendement Énergétique. Depuis longtemps, le personnel du Collège était à la recherche d’un créneau pour articuler un projet rassembleur pour l’ensemble des 11 programmes de techniques physiques et informatiques. Une telle concentration de ces programmes clés est exclusive au Cégep de Jonquière et unique dans tout le Québec.

Le Cégep de Jonquière est reconnu comme un leader depuis plus de 50 ans avec ses programmes d’études, notamment en communication, en sciences et en technologies, avec sa formation continue, ses services de coopération et de développement international et son Centre linguistique.

De plus, depuis 40 ans, la recherche collégiale est présente au Cégep de Jonquière avec deux centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT), un Centre d’accès à la technologie (CAT) et d’autres groupes de recherche. Un bureau de la recherche institutionnel (BRI) a été instauré afin de soutenir et guider les différents centres dans une direction concertée et commune. Le BRI a intensifié ses activités en 2022 à la suite de l’octroi d’une subvention de Mobilisation du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et les retombées sont en croissance.

Les deux CCTT du Cégep de Jonquière sont le Centre de production automatisée (CPA) et le Centre d’Étude des COnditions de vie et des BESoins de la population (ÉCOBES). Le CPA s’est enrichi du Centre TERRE en 2019 en y greffant sa nouvelle branche énergétique qui est soutenue par le CRSNG au Canada.

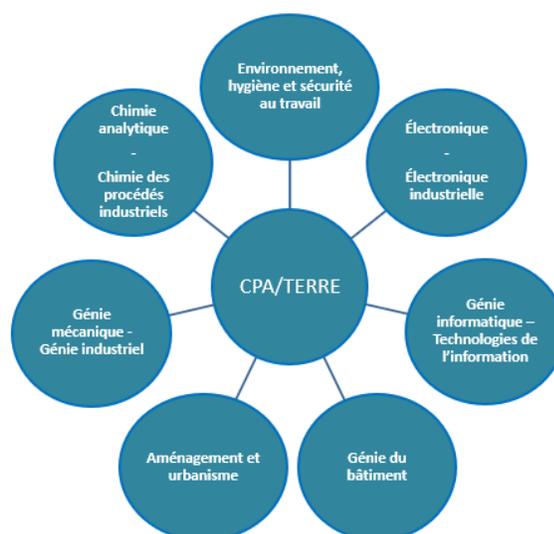


Figure 1 : Schéma des champs d'action du Centre TERRE

<sup>1</sup> <https://www.cegepjoniere.ca>

Finalement, le Laboratoire d'innovation en communication scientifique (LICS) est venu s'ajouter aux entités de recherche du Cégep de Jonquière. L'équipe du LICS fait de la recherche appliquée dans le domaine de la communication scientifique et du transfert des connaissances. Elle collabore avec des chercheurs et des chercheuses des milieux collégial et universitaire qui souhaitent accroître l'impact de la recherche publique.

## CONSTATS

Les objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies, à l'horizon de 2030, auxquels ont souscrit les gouvernements de 193 États, sont fortement impactés par la disponibilité de l'électricité et de l'énergie :



**Figure 2 :** Objectifs du développement durable des Nations Unies

- Plus de 80 % de l'énergie primaire consommée sur terre provient des carburants fossiles.
- Les pays du moyen orient sont les plus dépendants aux carburants fossiles (près 100 %), tandis que l'Amérique centrale et du sud en sont les moins (- 70%).
- L'Amérique du Nord est dans la moyenne mondiale.
- L'Arabie saoudite et le Canada sont les pays qui ont la plus grande consommation de pétrole par personne.

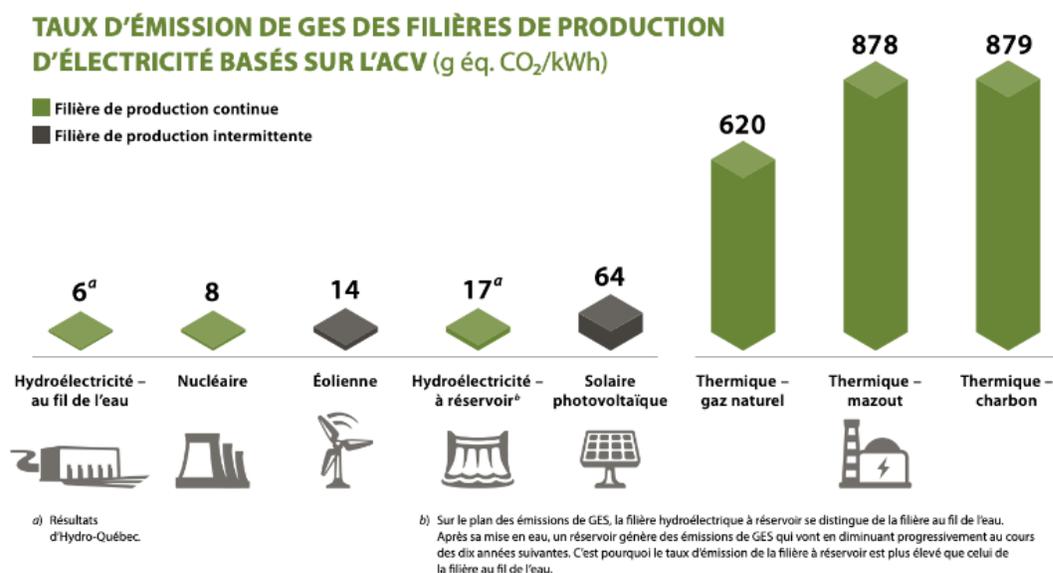
Quand on s'avance dans le champ des prédictions et des besoins pour le futur, il faut être prudent. Il peut y avoir des contradictions. Par exemple, l'OPEP prévoit une augmentation de l'utilisation du pétrole alors que l'Agence internationale de l'énergie prévoit une diminution<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> (Cliche, Y. ,2023, 17 octobre) Fin du pétrole ou progression? et Le Devoir : <https://www.ledevoir.com/opinion/idees/800065/transition-energetique-fin-petrole-ou-progression>

## CONTEXTE DU MÉMOIRE

Ce mémoire ne se prétend pas exhaustif sur les solutions pouvant contribuer à la transition énergétique en Amérique. Il se concentre sur des éléments concrets et pratiques tirés de nos expériences dans le domaine. Il présente des incontournables sous forme de section de travail pour contribuer à l'atteinte des ambitieuses cibles gouvernementales en transition énergétique et de lutte aux changements climatiques.

Afin de répondre au défi de la lutte aux changements climatiques, il importe de tenir compte de la contribution de chaque filière de production d'électricité. Le graphique ci-dessous compare le rendement environnemental par source d'énergie. L'analyse du cycle de vie (ACV) permet d'établir l'indice d'émission de CO<sub>2</sub> par unité d'énergie produite de chaque filière, du berceau au tombeau.



**Figure 3 :** Taux d'émission de GES des filières de production d'électricité basés sur l'ACV

## TRAVAIL 1 : PASSER DE L'ÉBRIÉTÉ À LA SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE

La sobriété énergétique commence par réduire le besoin à la source. Ensuite, l'énergie perdue/gaspillée est récupérée et enfin l'énergie est livrée le plus efficacement possible. Le meilleur kilowattheure est celui qui est économisé ou qui n'est pas produit. Ce sont les solutions passives qui sont les plus efficaces, puisque leur rendement réel est indépendant :

1. D'un usager;
2. D'un employé;
3. De frais d'exploitation;
4. De l'efficacité d'un programme d'entretien et de maintien d'actifs.

Chaque dollar investi dans le rendement énergétique permet d'économiser de 3 \$ à 5 \$ en équipement de production d'énergie (Renewable Energy Handbook). Optimiser le rendement est donc préalable à toute réflexion sur l'ajout de nouvelles productions.

Le rendement énergétique s'applique dans différents secteurs :

- Résidentiel et commercial : L'enveloppe carbone intrinsèque des bâtiments est un enjeu vraiment important. Les maisons doivent être construites pour favoriser une basse consommation et une émission nette en carbone égale à zéro.
- Industriel : Optimisation et intégration des procédés.
- Transports : Optimisation de flottes et virage électrique annoncé.

Une cohabitation plus sobre avec l'énergie peut se manifester par :

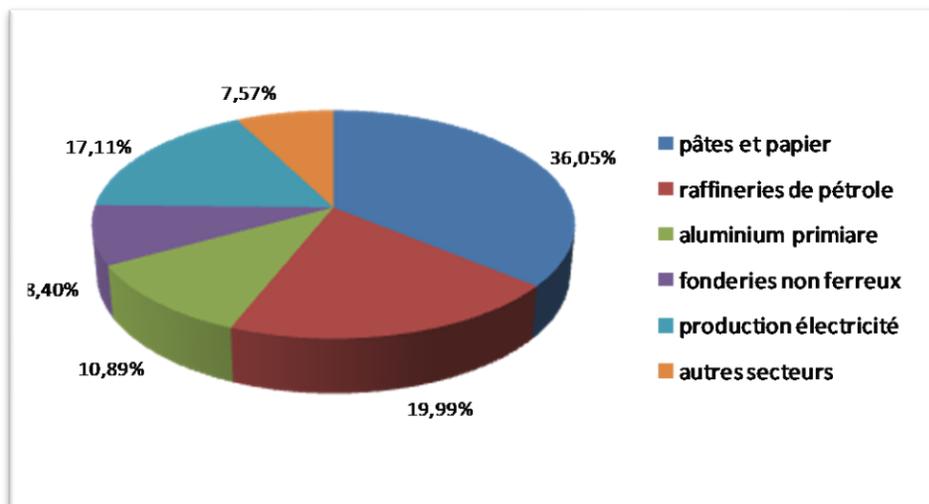
- Une conscientisation à sa consommation générale et vouloir faire sa part.
- L'installation d'appareils et de procédés efficaces.
- L'utilisation de la bonne énergie à la bonne place.
- La gestion de la pointe électrique.
- L'évitement du gaspillage et valoriser les rejets thermiques.

CONSTAT : Il y a absence de plans d'action globaux en sobriété et rendement énergétique. C'est l'enjeu fondamental de la transition globale.

### **Exemple du potentiel de valorisation des rejets thermiques**

Au Québec, 77 TWh/an de chaleur sont rejetés et perdus dans l'environnement, soit l'équivalent de 10 fois la production annuelle du complexe hydroélectrique LA ROMAINE.

Voici la distribution de ces pertes par secteur d'activités.



**Figure 4 :** Distribution par grand secteur du potentiel énergétique des rejets thermiques industriels (2008)<sup>3</sup>

- La valorisation des rejets thermiques nécessite une utilisation à proximité.

<sup>3</sup>[https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/developpement\\_territorial/ruralite/groupes\\_travail/potentiel\\_energetique\\_rejets\\_thermiques.pdf](https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/developpement_territorial/ruralite/groupes_travail/potentiel_energetique_rejets_thermiques.pdf)

- Jumeler avec un développement de serres (exemple : Elkem Metal et les Serres Sagamie au Saguenay).
- Une pierre, deux coups dans les priorités des instances. Récupérer de l'énergie existante, mais gaspillée pour une utilité d'autonomie alimentaire locale.
- Nécessite des investissements initiaux souvent importants.

## TRAVAIL 2 : CHAQUE RÉGION A UN MIX ÉNERGÉTIQUE OPTIMAL DIFFÉRENT QU'IL FAUT OPTIMISER

Le réseau fondamental doit être de nature stabilisant et idéalement non fossile. L'intégration d'énergies renouvelables intermittentes sur un réseau a des limites de pénétration à respecter pour garantir la stabilité des différents réseaux.

Chaque forme d'énergie a ses forces et contraintes. Voici un exemple :

Pour produire cinq nouveaux TWh d'électricité (environ 2,5 % de la production actuelle du Québec), il faut en moyenne :

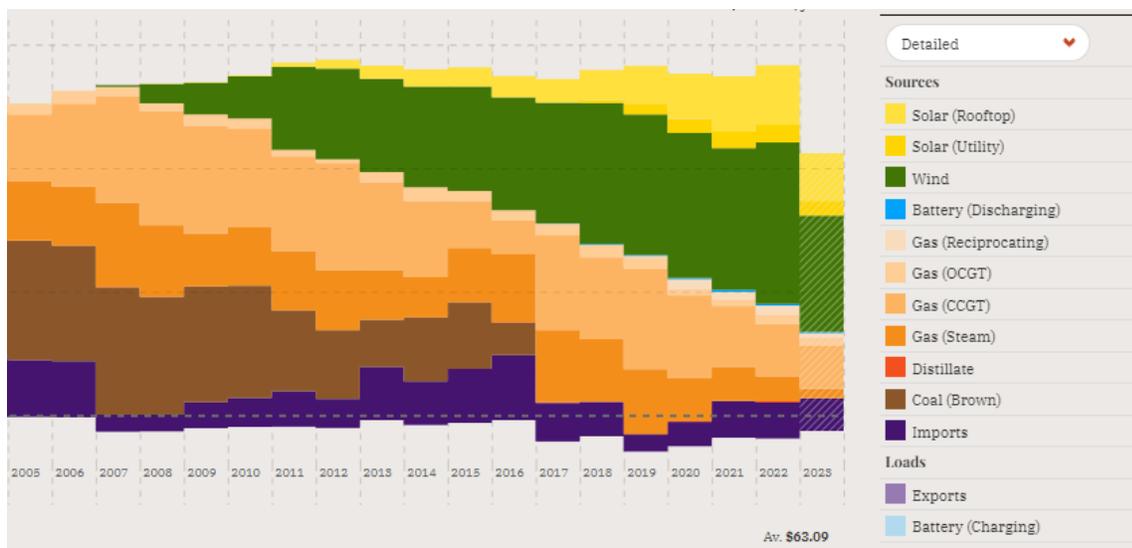
Énergie	Capacité installée (MW)	Durée de réalisation	Impact sur le réseau
Hydroélectrique	600 à 900	10 à 15 ans	Stabilisant
Biomasse*	950	1 à 2 ans	Stabilisant
Éolien	1500	2 à 3 ans	Intermittent
Solaire photovoltaïque	4500	1 à 2 ans	Intermittent

*\* la biomasse n'est pas renouvelable dans un contexte de production massive d'énergie*

Les sources d'énergie intermittentes ont habituellement une limite de pénétration faible sur le grand réseau conventionnel afin d'assurer sa stabilité. De plus grandes pénétrations sont possibles, mais il faut du stockage de grande envergure et un contrôle plus sophistiqué.

L'Australie du Sud est un exemple d'intégration planifiée et progressive de réseau solaire et éolien à haute pénétration où ces deux sources intermittentes sont couplées à d'énormes bancs de condensateurs et de batteries pour réguler le réseau.

Cette région a atteint une production de 70 % d'énergies renouvelables intermittentes sur son réseau fossile. Il est à noter que 80 % de l'énergie solaire est produite à partir d'installation sur des toits.



**Figure 5** : Distribution des sources d'énergie entre 2005 et 2023 en Australie du Sud<sup>4</sup>

### TRAVAIL 3 : ASSURER LA SOUVERAINETÉ ÉNERGÉTIQUE DES PEUPLES

Les grands réseaux de production et de distribution électrique relèvent des ressources naturelles. Il est donc souhaitable qu'elle soit la propriété d'entité collective afin de favoriser la recherche continue de l'équilibre entre l'offre et la demande (exemple : Hydro-Québec, Manitoba Hydro).

La supranationalisation et la privatisation peuvent s'avérer contreproductives. Prenons pour exemple le marché européen de l'électricité et l'Accès régulé à l'Électricité Nucléaire Historique (AREHN) pour la France : sous prétexte de concurrence, EDF vend de l'électricité à bas coût à de grands groupes privés qui se font revendeurs aux consommateurs. La valeur marchande est acculée au prix du gaz allemand. Contrairement aux prévisions, les coûts de l'électricité ont explosé en France.

Les états ne doivent pas céder aux pressions des lobbys extrêmes. Par exemple, couper trop vite un trop grand nombre de centrales nucléaires stabilisantes pour ajouter massivement des énergies renouvelables intermittentes. La migration vers un réseau plus renouvelable doit se faire progressivement pour éviter des erreurs fondamentales (exemple : La folie de réduction des parcs nucléaires en Europe doit être compensée désormais par l'ajout de centrales fossiles bien plus polluantes, faute de capacité hydroélectrique).

<sup>4</sup> <https://opennem.org.au/energy/sa1/?range=all&interval=1y&view=discrete-time>

## **TRAVAIL 4 : RENFORCER LA PRODUCTION RENOUVELABLE STABILISANTE**

- Le Canada est le plus grand producteur d'hydroélectricité après la Chine.
- Le Québec est le leader au Canada. Hydro-Québec fournit 99 % d'électricité renouvelable à ses clients tout en étant reconnue mondialement dans la filière hydroélectrique.
- Il y a des installations hydroélectriques dans toutes les provinces et tous les territoires, sauf au Nunavut.
- En absence d'hydroélectricité, le nucléaire est nettement préférable aux carburants fossiles, selon leur indice d'émissions de GES/kWh. Il y a toutefois la gestion des déchets qui interpelle le public. Le Canada a une expertise dans le domaine du nucléaire avec sa filière CANDU.
- La planification, l'implantation et l'opération de la capacité stabilisante est d'autant plus facile qu'elle est modérée.
- En milieu rural, les poêles et fournaies au bois qui offrent du chauffage peuvent permettre de réduire la pointe du distributeur. Des équipements APA de hautes performances sont disponibles.
- La meilleure façon de chauffer le bois en y récupérant le maximum d'énergie à échelle résidentielle est le foyer de masse. Un seul, voire deux feux par jour dans les grands froids, peut maintenir un confort stable dans une maison tout en réduisant la pointe hivernale du distributeur. Un foyer de masse est comme un soleil dans une maison. L'investissement initial élevé et allonge le retour sur l'investissement.
- L'hydrolien et les microturbines de petite puissance sont adaptés pour les sites éloignés qui ont des capacités hydriques avoisinantes. Ces filières peuvent fournir l'énergie renouvelable stabilisante au lieu des génératrices diesel pour ces communautés éloignées. Il faut développer absolument ce volet, c'est vital pour la transition énergétique des sites éloignés.

## **TRAVAIL 5 : INTÉGRER PROGRESSIVEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES INTERMITTENTES**

- Le Canada est un joueur mineur tant pour l'éolien (graphique de gauche) que pour le solaire (graphique de droite) à l'échelle mondiale.
- Le potentiel de développement de l'éolien et du solaire est énorme au Canada.
- Les modèles de grands parcs éoliens partout au pays ont fait leurs preuves et sont matures pour un déploiement supplémentaire. Le modèle d'affaires le plus fréquent de ces grands projets est celui où les projets sont financés, opérés et aux bénéficiaires de géants étrangers. Les sociétés d'État de chaque province ont acquis assez d'expérience pour prendre en charge les futurs projets de déploiement. Les partenaires privés pourraient continuer leur collaboration en tant que prestataires de services sur les nouveaux projets.

- Le solaire est la meilleure filière pour démocratiser l'énergie. Délocaliser la production dans les MRC, les villes, les entreprises est une priorité collective. La gestion étant ramenée à un palier près des individus, la prise de conscience quant à la valeur d'un kWh sera favorisée. Dans cet esprit, un groupe de travail multisectoriel a réalisé et déposé un mémoire au gouvernement du Québec au printemps 2023 qui s'intitule : On compte sur toit<sup>5</sup>.

### Contexte de l'énergie éolienne/solaire au Canada

L'Ontario est le plus grand producteur d'énergie éolienne et solaire au Canada.

## Puissance éolienne et solaire installée au Canada

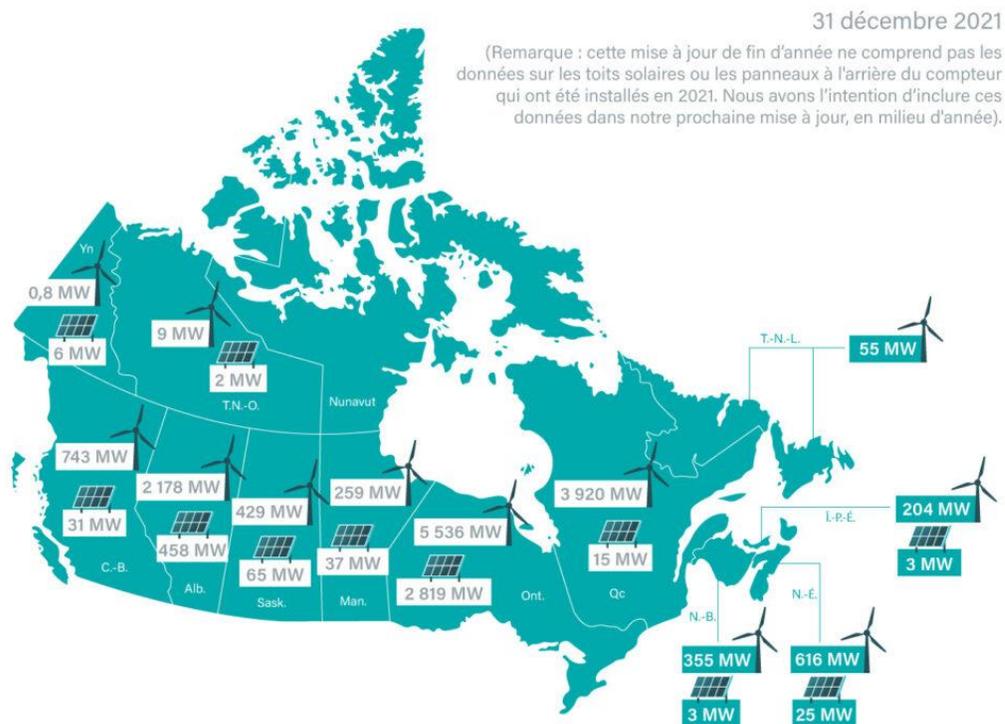


Figure 6 : Puissance éolienne et solaire installée au Canada<sup>6</sup>

- Il y a plusieurs projets établis et prévus de stockage d'énergie au Canada : batteries au lithium-ion, les batteries à circulation, le stockage par air comprimé, les volants d'inertie, le stockage d'hydrogène avec piles à combustible, les supercondensateurs et le stockage d'énergie thermique.
- En fonction d'un stockage à court ou moyen et long terme, un jumelage optimisé des diverses technologies serait nécessaire pour assurer en tout temps l'équilibre de l'offre et de la demande.
- Des annonces récentes en Ontario et au Québec confirment l'implantation de la filière de batteries électriques au Canada.

<sup>5</sup> <https://divers.lpcdn.ca/redact/lapresse/affaires/Potentiel%20Solaire%20QC%20-%20On%20compte%20sur%20toit%20-%202023.06.07v7%5B76%5D.pdf.pdf>

<sup>6</sup> [En chiffres – Canadian Renewable Energy Association \(renewablesassociation.ca\)](https://renewablesassociation.ca/en/chiffres)

## **TRAVAIL 6 : MISE À PROFIT DES BATTERIES THERMIQUES DORMANTES**

Les sources d'énergie intermittentes comme le solaire photovoltaïque (PV) nécessitent idéalement du stockage afin d'arrimer en tout temps l'équilibre de production versus la consommation :

- Un grand parc solaire raccordé au réseau hydroélectrique permet de garder du potentiel hydraulique dans les réservoirs des barrages (stockage à long terme à grande échelle).
- Une installation solaire sur une résidence peut se faire avec ou sans stockage électrique en mesurage net (Les batteries électriques doublent le coût d'une installation).
- Une installation solaire sur une résidence aurait avantage à utiliser de façon directe et innovante l'électricité dans la maison, en arrière du compteur.
- Au Québec, environ 80 % de l'électricité d'un ménage va au chauffage de l'espace et de l'eau.
- Le chauffe-eau hybride solaire PV /Hydroélectrique permet de surchauffer l'eau du réservoir le jour pour être utilisée afin de réduire la pointe le soir, voire le matin.
- Les coûts sont réduits par le branchement direct des capteurs sur un élément chauffant du réservoir avec une simple protection. On sacrifie un peu de rendement énergétique, mais cela en fait tout de même, la manière la moins coûteuse d'intégrer le solaire PV, car on évite les coûts liés aux onduleurs, régulateurs, etc.
- Dans un chauffe-eau de 60 gallons, il y a l'équivalent de stockage en surchauffage (60 à 85°C) d'une batterie au lithium de 5 à 6 kWh qui vaut de 3k\$ à 4k\$.
- L'électricité solaire produite en couplage direct prévoit un coût en bas du tarif D d'Hydro-Québec.

Il est possible d'envisager le même principe pour le chauffage et la climatisation de l'espace avec une thermopompe couplée à des capteurs PV. Ils produisent de l'électricité qui est consommée directement par la thermopompe ou l'excédent peut être stocké dans des batteries. Le réseau sert d'appoint au besoin en absence de soleil.

## **TRAVAIL 7 : L'APPROVISIONNEMENT DURABLE DES SITES ISOLÉS**

Près d'un milliard d'humains sur la planète, dont plus de 200 000 Canadiens n'ont pas accès aux grands réseaux énergétiques. Ils sont alimentés en énergies par de coûteuses et polluantes unités aux carburants fossiles. Par exemple :

- Plus de 200 communautés canadiennes, dont 22 au Québec sont isolées des grands réseaux électriques.
- Des milliers de pourvoiries, camps forestiers ou miniers, stations de communication, industries.
- Juste au Québec, il y a 137 000 chalets et résidences secondaires en milieu isolé.

- Plus de 500 pourvoies au Québec sont des sites isolés.

Salaires et factures énergétiques :

- Plus gros postes budgétaires pour les gestionnaires de sites isolés.
- L'électrification des transports des clients est un défi colossal pour les sites isolés.
- Les gestionnaires souhaitent intégrer les énergies renouvelables et le développement durable, mais sont souvent inexpérimentés dans ce domaine.

Les bonnes doses d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables permettent :

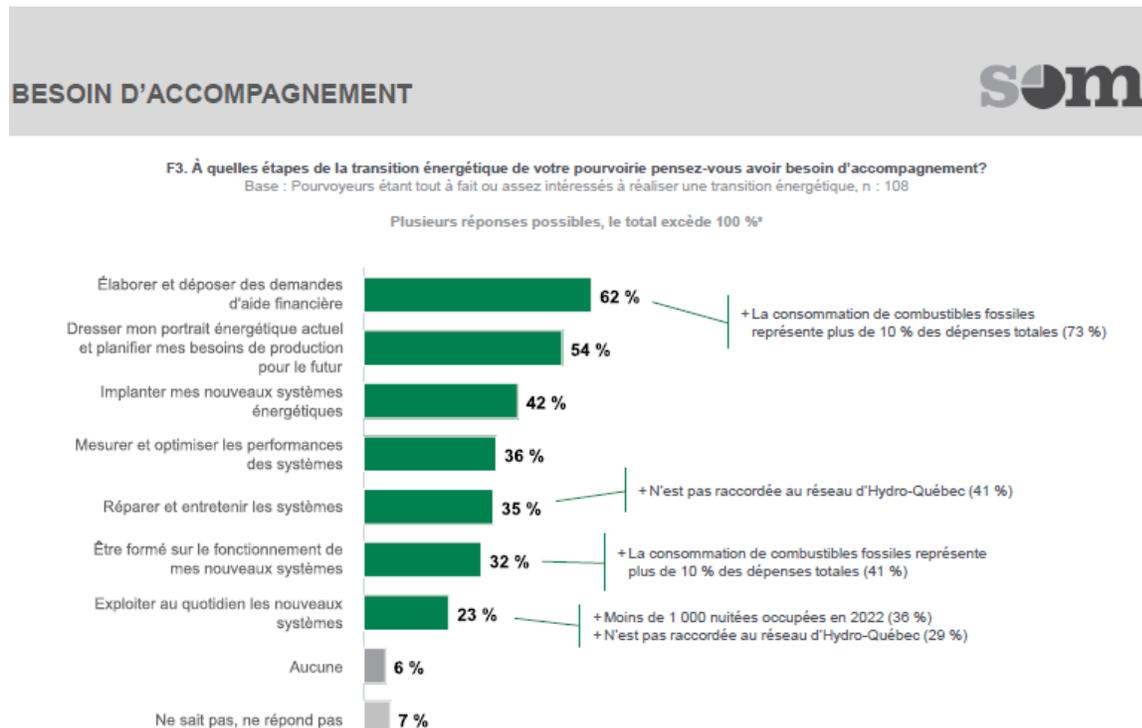
- Une réduction des coûts d'exploitation (plus de profits).
- Moins de pollution atmosphérique et une meilleure qualité de vie.
- Une diminution de la pollution sonore.
- Une plus grande autonomie et une plus grande pérennité énergétique.

Les études de planification énergétiques indépendantes donnent au client un avis impartial qui lui permettra de faire soumissionner et financer son projet. Plus d'une vingtaine de ces études énergétiques ont été réalisées par le Centre TERRE depuis 2013.

### **Exemple : La transition énergétique des pourvoies - Phase 1**

Nous collaborons avec la Fédération des pourvoies du Québec (FPQ), SOM, BC Énergies et l'Escouade Énergie de Synchronex, afin de les assister dans la transition énergétique de leur secteur.

La phase 1 a permis de dresser un premier état de l'énergie et de voir les besoins des pourvoies pour la transition.



**Figure 7** : Besoin d'accompagnement des pourvoies pour la transition énergétique

La phase 2 est en cours. Elle poursuit les objectifs suivants :

1. Favoriser l'utilisation de la plate-forme d'échange d'information Zoho entre les pourvoyeurs et la FPQ.
2. Réaliser le portrait de quelques pourvoiries modèles, avec ou sans présence d'énergie renouvelable.
3. Préciser les potentiels de production d'énergie renouvelable pour 100 sites d'hébergement de pourvoirie regroupés et non reliés au réseau d'Hydro-Québec.
4. Analyser, extrapoler et regrouper l'information stratégique disponible pour l'ensemble des pourvoiries.
5. Préparer le financement pour la mise en œuvre de la transition énergétique.
6. Débuter le développement d'outils d'accompagnement et d'aide à la décision destinés aux pourvoyeurs.

La méthode développée dans ce projet peut être adaptée à d'autres secteurs d'activité en sites isolés ou raccordés au grand réseau.

Par exemple, nous sommes en phase 1 du projet de transition énergétique avec l'Association des hôteliers ainsi que des SPAS du Québec (AHQ et AQS).

La majeure partie des secteurs n'est pas outillée présentement pour faire la transition et nécessite des plans de match et de financement sectoriels pour compléter les financements généraux existants.

### **Exemple : Le cas de la chaleur**

Lorsque la chaleur est produite par l'électricité verte, il y a un avantage marqué à utiliser une thermopompe qui permet également la climatisation.

Les systèmes géothermiques urbains nécessitent de grandes charges pour être rentables (exemple : créer de nouveaux quartiers avec réseaux de chaleur communs).

L'avantage est encore plus grand sur un réseau fossile. Les systèmes géothermiques jumelés à d'autres formes d'énergies ont un fort potentiel pour l'approvisionnement en chaleur des communautés isolées :

- Le chauffage est fourni actuellement par des fournaies au mazout ou au gaz, et représente jusqu'à 80 % des besoins énergétiques de ces sites.
- Peu de projets de recherche se font sur la chaleur contrairement à l'électricité pour ces sites éloignés.
- Le coût d'approvisionnement en carburant en région éloignée est prohibitif.
- La recherche de solutions géothermie/solaire/bioénergies et stockage souterrain sont innovants, et aspirent à réduire les coûts, l'impact environnemental tout en favorisant la résilience des communautés.

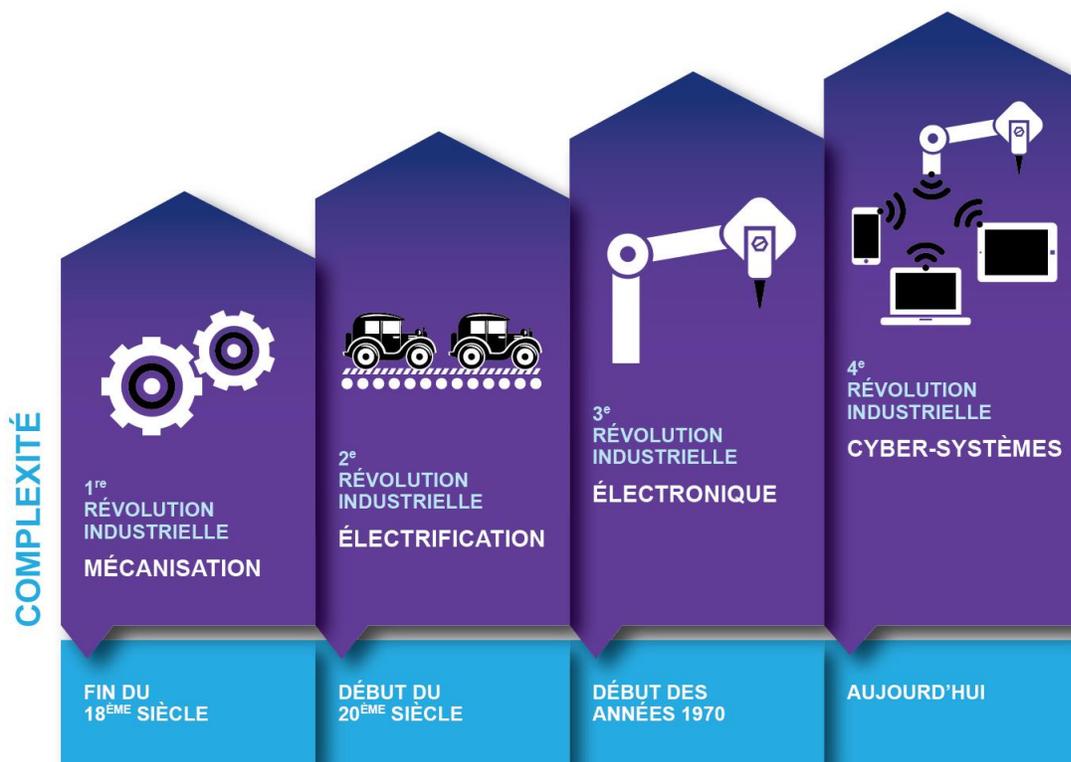
Un projet en cours et piloté par le Réseau québécois sur l'énergie intelligente (RQEI) conjointement avec l'Escouade Énergie de Synchronex a permis de financer, par MITACS 12,

des initiatives de collaboration Université et collègue. Chacun dans leur secteur de la transition, les équipes feront l'encadrement d'étudiants gradués pour les quatre prochaines années. Une de ces initiatives regroupant l'INRS, le CPA/Centre TERRE, l'Université Laval et l'Université de Sherbrooke permettra de former cinq étudiants pour l'Étude du jumelage de géothermie, bioénergies et solaire pour l'approvisionnement en chaleur de sites isolés du grand réseau hydroélectrique.

## TRAVAIL 8 : L'AUTOMATISATION (3.0) ET LA NUMÉRISATION (4.0)

L'instrumentation, la chaîne de données et l'automatisation sont au cœur du succès de plusieurs travaux sur la transition énergétique. Au Canada, il y a encore du travail à réaliser et le passage au 3.0 se continue pour de nouvelles entreprises. L'industrie 4.0 semble loin d'être atteinte en termes d'ampleur.

- 25 % des entreprises québécoises ont des processus automatisés, 55 % aux États-Unis, 75 % en Allemagne. - ÉTS, 2019
- En Europe, 91 % des entreprises industrielles investissent dans des usines numériques. - PWC Digital Factories 2020
- 90 % des entreprises croient que la numérisation offre plus d'opportunités que de risques. - PWC Digital Factories 2020



**Figure 8** : Industrie 4.0 : les sociétés entament la 4e révolution industrielle<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Industrie 4.0 : les sociétés entament la 4e révolution industrielle | Zonebourse

## TRAVAIL 9 : POUSSER LE LEVIER LÉGISLATIF

Il est primordial que les lois actuelles et celles proposées soient cohérentes avec les cibles fixées. Des représentations en commission parlementaire et autres consultations peuvent porter leurs fruits. Dans certains cas, le cadre législatif a été assoupli, comme pour faciliter l'accessibilité à des modes d'approvisionnement énergétique durable en sites isolés.

- Mémoire et audition à la Commission parlementaire des Transports et de l'environnement de 2015 dans le cadre de la modernisation de la Loi québécoise sur la qualité de l'environnement (LQE, 1972).

Réflexions et recommandations sur le déploiement des énergies renouvelables et l'arrimage des programmes de soutien à la transition énergétique pour les petites entreprises et les particuliers en milieux isolés.

- Mémoire et audition à la Tournée parlementaire du ministre Charrette sur le plan d'électrification et de lutte aux changements climatiques du Québec (16 septembre 2019).

Dans d'autres cas, la législation devrait être renforcée notamment concernant la sobriété générale. On consomme toujours plus vite les ressources disponibles annuellement. C'est un enjeu structurel complexe qui se joue à haut niveau et qui a de l'impact jusqu'au citoyen.

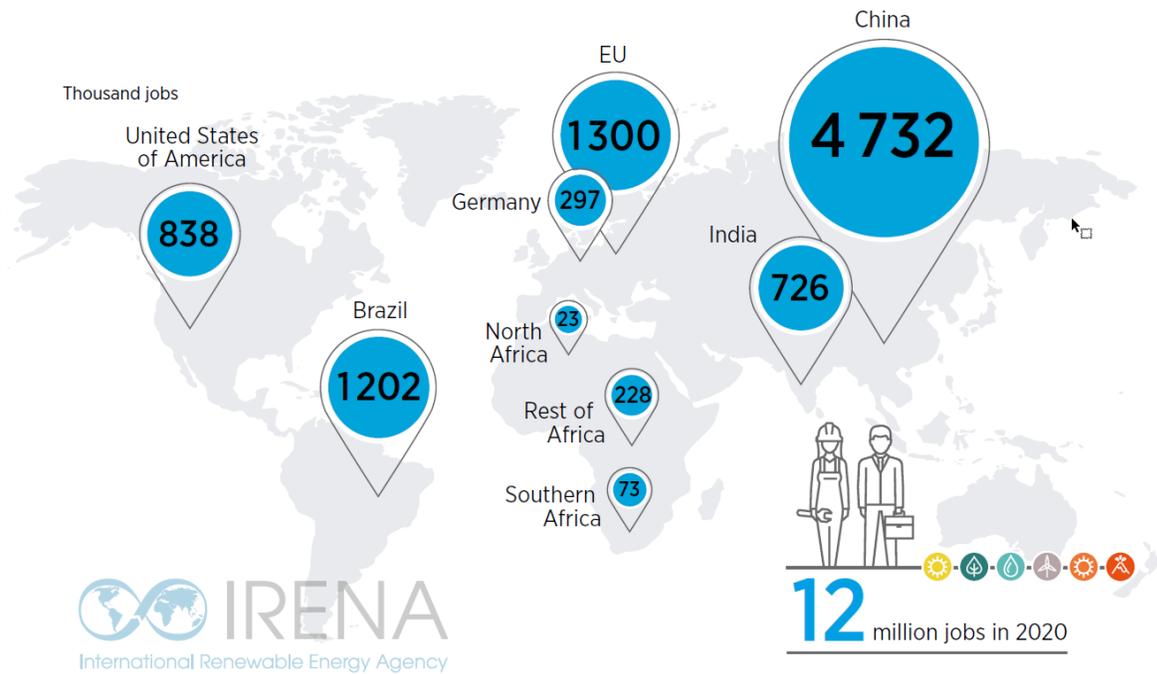
## TRAVAIL 10 : LA FORMATION DE MAIN-D'ŒUVRE QUALIFIÉE

Le créneau des énergies renouvelables est le plus porteur d'emploi pour les 10 prochaines années, selon le Massachusetts Institute of Technology (MIT)<sup>8</sup> :

- En 2020, dans le monde, il y avait 12 millions d'emplois en énergies renouvelables.
- 39 % en Chine;
- Quatre millions d'emplois dans l'industrie solaire photovoltaïque;
- 32 % des emplois en énergies renouvelables sont occupés par des femmes.

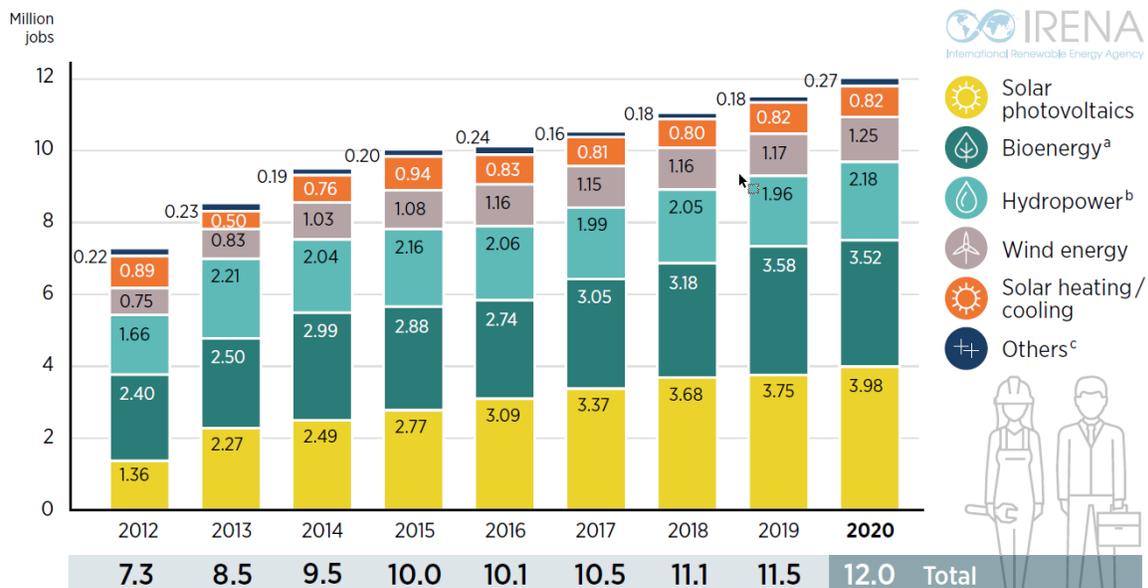
---

<sup>8</sup> Five jobs that are set to grow in 2018, MIT Technology review, Janvier 2018  
[https://www.technologyreview.com/s/609644/five-jobs-that-are-set-to-grow-in-2018/?utm\\_campaign=add\\_this&utm\\_source=email&utm\\_medium=post&fbclid=IwAR2ZKFPmH66DUZ\\_od8TFX3H5tWJLkg\\_2oPsjzfbDhCaPmj\\_23WInK5QTVXg](https://www.technologyreview.com/s/609644/five-jobs-that-are-set-to-grow-in-2018/?utm_campaign=add_this&utm_source=email&utm_medium=post&fbclid=IwAR2ZKFPmH66DUZ_od8TFX3H5tWJLkg_2oPsjzfbDhCaPmj_23WInK5QTVXg)



**Figure 9 :** Emplois en énergie renouvelable dans le monde<sup>9</sup>

Le solaire photovoltaïque, les bioénergies et l'hydroélectricité représentent plus de 80 % des emplois en énergies renouvelables dans le monde.



**Figure 10 :** Emploi mondial dans les énergies renouvelables par technologie

<sup>9</sup> IRENA jobs database

À savoir pour le Canada :

- Le nombre d'emplois dans le secteur de l'énergie verte a augmenté de 2,2 % par an entre 2010 et 2017, soit près de 60 % plus vite que l'économie canadienne dans son ensemble.
- Les investissements dans le secteur des énergies propres ont augmenté de 70 % entre 2010 et 2017, avec des hausses bien supérieures à la moyenne du PIB du Canada.
- Le secteur des transports propres était le principal employeur, fournissant 57 % des emplois en 2017.
- L'approvisionnement en énergies renouvelables est l'une des plus grandes industries et fournit 40 % de la contribution du secteur au PIB.
- Le secteur de l'énergie représente environ 11 % du produit intérieur brut (PIB) nominal du Canada.
- Les revenus gouvernementaux provenant de l'énergie ont atteint 10,3 milliards de dollars en 2016.
- Plus de 650 millions de dollars ont été investis pour la recherche, le développement et la mise en œuvre de technologies dans le secteur de l'énergie en 2016-2017.
- Le Canada est le sixième producteur d'énergie et le cinquième exportateur net.
- Il se situe au huitième rang des consommateurs.

### **La formation se développe pour plusieurs CCTT**

- Avec les ambitions gouvernementales, tous les secteurs de la transition énergétique ont des besoins criants de main-d'œuvre pour aspirer à atteindre ces cibles.
- Les CCTT de l'Escouade Énergie de Synchronex sont concertés autour de cet enjeu urgent et crucial pour intervenir avec cohérence pour la transition. Le premier projet de l'Escouade Énergie mené par le CPA/Centre TERRE, Nergica, ITMI, le CÉPROCQ et le CNETE a permis de proposer au gouvernement du Québec en décembre 2021 :

### **La Stratégie nationale de formation professionnelle en efficacité énergétique au Québec**

- D'autres projets de l'Escouade pour un portfolio de formations spécialisées sont présentement en attente de financement de l'accord conjoint fédéral/provincial dans le cadre du programme C2R2 : Batteries, bioénergies et hydrogène, le solaire pour les sites isolés, etc.
- Il y a absence d'une stratégie globale de formation sur la transition énergétique.

## **TRAVAIL 11 : ACCROÎTRE SIGNIFICATIVEMENT LA CAPACITÉ EN RECHERCHE APPLIQUÉE**

### **L'infrastructure humaine et organisationnelle de la recherche :**

- Il y a moins de 10 % du Budget annuel du CRSNG qui est dédié au programme recherche et innovation dans les collèges canadiens (ICC).
- Des programmes existent pour financer la recherche appliquée des collèges avec les entreprises. Il y en a peu qui financent les projets émergeant des chercheurs eux-mêmes qui pourraient servir la collectivité.
- Encourager la recherche en énergie sous l'angle sociétal ou comportemental.
- Les programmes de financement des étudiants et stagiaires comme Eco Canada, CICAN sont limitatifs, car ils s'adressent uniquement aux moins de 30 ans.
- Au-delà du financement par projet, il est primordial de cultiver les réseaux structurants. Depuis les années 80, le Québec a mis en place une soixantaine de centres collégiaux de transfert de technologies (CCTT) dans un large spectre technologique. Le CRSNG s'est inspiré du modèle il y a une dizaine d'années pour mettre en place au fil des ans, 60 Centres d'Accès à la Technologie (CAT).
- Plusieurs CAT au Canada sont ou seront prochainement en période de renouvellement de leur mandat pour les 5 prochaines années. C'est une démarche coûteuse et loin d'être garantie de succès.
- Des changements apportés aux modalités et au financement du programme des CAT mettent en péril un grand nombre d'entre eux pour leur renouvellement, même si leurs résultats sont significatifs.

### **L'infrastructure matérielle de la recherche:**

- Au Québec, le MEIE a un programme PSOV4 dédié pour le financement des infrastructures de recherches collégiales (max 20 M\$/projet).
- Au Canada, la Fondation canadienne de l'innovation (FCI) a un programme dédié pour le financement d'équipements de recherche au collégial (60k\$ à 1M\$). Possibilité de jumeler pour 1 M\$ supplémentaire au Québec.
- Un FCI met un peu de beurre sur le PSOV4, sans plus. Un financement fédéral plus substantiel qui serait arrimé avec les provinces serait un excellent catalyseur pour combler les manques d'infrastructures partout au Canada.

## **TRAVAIL 12 : RÉFLÉCHIR ET FAIRE LA TRANSITION AVEC ET POUR TOUTE LA SOCIÉTÉ**

La transition énergétique est plus un enjeu social que technique. Le respect et le jugement éclairé est la clé de voûte de l'acceptabilité et de l'adhésion sociale du grand public, des entreprises, des organisations et des ministères sans lesquels toute transition demeure boiteuse. La transition énergétique est l'affaire de tous.

- Prendre conscience que l'exploitation des ressources naturelles a ses limites et la nécessité d'adapter nos modes de vie occidentaux.
- Vulgariser pour démocratiser l'énergie et la rapprocher des gens.
- Démontrer les avantages d'opérer la transition pour ou dans le quotidien des gens. Mettre en lumière les impacts positifs qui ont lieu à leur échelle.
- Avoir trois mêmes objectifs pour les secteurs institutionnels, organisationnels, des PME, des grandes entreprises, des gouvernements et des instances décisionnelles mondiales.
- Les retombées doivent être aussi pour tous les acteurs. Les citoyens devraient pouvoir participer plus activement à la production énergétique comme par l'installation de PV sur leur propriété.

## RECOMMANDATIONS DU MÉMOIRE

Voici les recommandations émises par le Cégep de Jonquière afin de réaliser ces 12 travaux essentiels à la transition énergétique.

### 1. **Passer de l'ébriété à la sobriété énergétique**

- a. Doter le Canada d'un plan d'action audacieux qui saura donner une couleur distinctive aux yeux du monde et influencer les instances mondiales à s'engager à leur tour.
- b. Mettre en œuvre une campagne de diffusion et de vulgarisation s'adressant à tous sur ce qu'est la sobriété énergétique et démontrer son importance comme fondation d'une réelle transition.
- c. Légiférer pour induire un changement de comportement par rapport à la réduction de la consommation pour chaque instance, entreprise, organisation et citoyen canadien.
- d. S'assurer de la cohérence nationale pour que chaque province développe un plan d'action en sobriété énergétique.
- e. Arrimer et bonifier le financement entre les paliers de gouvernement pour encourager un large spectre d'actions visant l'amélioration du rendement énergétique.
- f. Mettre en place, au Canada, des dispositions légales dont l'esprit s'inspirerait de celui de la France avec la loi n° 80-531 du 15 juillet 1980 « relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur » compte tenu des similitudes de contexte.

### 2. **Chaque région a un mix énergétique optimal différent qu'il faut optimiser**

- a. Actualiser les plans d'approvisionnements énergétiques territoriaux en fonction des plans de sobriété entendus.
- b. Déployer et ajuster progressivement les plans d'action en débutant par des projets pilotes et en reproduisant les formules gagnantes.

### **3. Assurer la souveraineté énergétique canadienne**

- a. S'assurer que le développement énergétique réponde avant tout aux besoins locaux, et ce, au meilleur tarif pour les utilisateurs.
- b. Impliquer les sociétés d'État avec les acteurs locaux pour prendre le contrôle du déploiement des parcs énergétiques au Canada avec les industriels en soutien.
- c. Augmenter les redevances liées à l'exploitation des ressources canadiennes par des acteurs privés.
- d. Développer un financement spécifique pour chaque organisme fédérateur afin de définir leur état des lieux, le plan d'action, le financement et la mise en œuvre de la transition énergétique de leur secteur.

### **4. Renforcer la production renouvelable stabilisante**

- a. En fonction des plans de sobriété, identifier la capacité stabilisante nécessaire et mettre en action les meilleures options.
- b. Dans une stratégie nationale, des collaborations et des accords entre les provinces sont essentiels pour un développement global cohérent. L'absence des collaborations peut coûter cher en ce domaine (ex : Muskrat Falls).
- c. Où les barrages ne sont pas possibles, l'exploitation hydrique par des hydroliennes et les microturbines doit être encouragée substantiellement, sinon ce sera le fossile qui sera le réseau stabilisant.
- d. Évaluer et mettre en œuvre le potentiel des centrales de co-génération à la biomasse jumelées à des charges de proximité (exemple : les Serres Toundra de Saint-Félicien).

### **5. Intégrer intelligemment les Énergies renouvelables intermittentes**

- a. En fonction des plans de sobriété, identifier la capacité intermittente nécessaire et mettre en action les meilleures options.
- b. Étaler la production d'énergies renouvelables des grands parcs sur le territoire pour faciliter l'augmentation du taux de pénétration sur le réseau. Guider et impliquer les MRC et municipalités dans le déploiement sur leurs territoires respectifs.
- c. Décentraliser les productions d'énergie solaire chez les consommateurs sur les toits ainsi que leur utilisation en arrière du compteur. C'est une force pour la maniabilité et la maintenance du grand réseau, car c'est une économie à la source.
- d. Encourager le développement, le pilote et le déploiement de produits innovants optimisant le stockage électrique pour des applications solaires PV.
- e. Faire connaître et encourager le déploiement des foyers de masse dans les résidences en zones rurales.
- f. Réfléchir et mettre en action progressivement les projets de stockage d'énergie les plus prometteurs.
- g. Mettre en place une certification nationalement reconnue pour réaliser des installations résidentielles de systèmes solaires PV.

## **6. Mettre à profit les batteries thermiques dormantes**

- a. Évaluer et planifier l'utilisation du potentiel de stockage thermique dormant au Canada par secteurs.
- b. Optimiser le solaire passif et les masses thermiques dans les nouvelles constructions.
- c. Encourager le développement, le pilote et le déploiement de produits innovants valorisant les réservoirs thermiques dormants pour des applications solaires PV directes.
- d. Étudier et mesurer les performances globales du stockage thermique versus les batteries électriques versus les utilisations de l'énergie afin d'orienter la stratégie de déploiement du stockage global nécessaire.

## **7. Approvisionnement durable des sites isolés**

- a. Intervenir en priorité pour soutenir fortement la recherche de solutions innovantes, l'accompagnement et la planification du déploiement de la solution hybride renouvelable/fossile optimale et unique à chaque site isolé.
- b. Accentuer le financement de la recherche de solutions renouvelables pour la chaleur en sites isolés.
- c. Élaborer avec la Fédération des pourvoies du Québec, un premier modèle de financement sectoriel avec la transition énergétique des pourvoies.
- d. Développer un financement spécifique pour chaque secteur afin de définir leur état des lieux, le plan d'action, le financement et sa mise en œuvre de la transition énergétique pour leurs membres.
- e. Accentuer le développement, le pilote et le déploiement de systèmes de chauffage/stockage innovants à base d'énergies renouvelables.

## **8. L'automatisation 3.0 et la numérisation 4.0**

- a. Augmenter le niveau d'automatisation des entreprises afin d'éviter les tâches répétitives qui n'ont pas de valeur humaine ajoutée.
- b. Encourager le développement, le pilote et le déploiement de produits innovants dans le contrôle et l'optimisation des performances des procédés.
- c. Mesurer et documenter les effets multilatéraux de projets numériques 4.0 implantés et formuler des recommandations.
- d. Actualiser et déployer des solutions 3.0 et 4.0 adaptées aux besoins des différentes réalités : grandes entreprises, PME, commerces, résidences.

## **9. Pousser le levier législatif**

- a. Réaliser les recommandations législatives décrites dans les autres travaux
- b. Élaborer les nouvelles politiques qui tiennent compte :

- du bien de la population;
  - de l'avis des experts scientifiques indépendants des financements privés;
  - de l'expérience terrain des industriels et prestataires de services.
- c. Réduire les temps pour adapter les processus et lois.

## **10. La formation de main-d'œuvre qualifiée**

- a. Débloquer rapidement les financements en attente des formations déjà déposées.
- b. Mettre en œuvre rapidement une grande stratégie nationale de formation adaptée aux ambitions de la transition énergétique qui pourrait contenir.
- c. Identifier les organismes formateurs et répertorier les formations actuelles.
- d. Stimuler la capacité de développement des formateurs au pays.
- e. Identifier les besoins de formations requis par les milieux.
- f. Analyser les écarts entre l'offre et la demande.
- g. Élaborer la feuille de route de la stratégie de formation pour chaque province.
- h. Financer, mettre en œuvre, évaluer et actualiser la stratégie de formation périodiquement.

## **11. Accroître significativement la capacité en recherche appliquée**

- a. Élaborer et déployer des programmes de financement spécifiques aux projets :
  - Émergent de chercheurs sur des technologies pouvant servir à la collectivité;
  - En énergie sous l'angle sociétal ou comportemental.
- b. Abolir les limites d'âge des programmes actuels de financement des stagiaires en ressources naturelles, technologies renouvelables et numériques, car les besoins sont autant pour des travailleurs expérimentés.
- c. Développer un programme spécifique pour financer un premier emploi en recherche de nouveaux employés.
- d. Arrimer et bonifier les programmes de financement fédéral-provincial pour pallier l'inflation des projets en réalisation, bonifier les infrastructures de recherche existantes et en développer de nouvelles qui sont complémentaires partout au pays.

## **12. Réfléchir et faire la transition avec et pour toute la société**

- a. Accentuer l'importance de la sobriété en matière de consommation et de production de la planète au sens large.
- b. Démocratiser les grandes décisions énergétiques du pays en les soumettant au test d'un référendum national.
- c. Favoriser une utilisation optimale et harmonieuse des ressources renouvelables délocalisées et adaptées au territoire. Par exemple, en milieu agricole l'agrivoltaïque est une piste de solution qui devrait être étudiée plus en profondeur par ses apports

tant énergétiques que de résilience et de production des plantations où les capteurs sont érigés.

- d. Assurer une distribution équitable des retombées entre les secteurs institutionnels, organisationnels, les PME, les grandes entreprises et des gouvernements de la transition énergétique.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier, en premier lieu, le Comité parlementaire pour nous avoir donné l'opportunité de nous exprimer par ce mémoire et une audition devant lui.

Nous tenons à souligner la contribution de nos équipes du Cégep de Jonquière ainsi que nos partenaires qui ont su apporter leurs commentaires éclairants et constructifs à ce travail.

Développer  
Agir  
Innover

