

COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

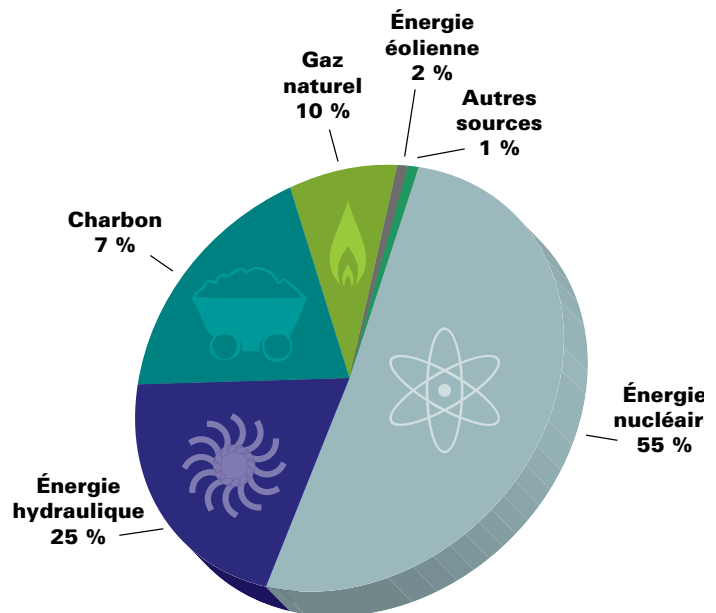


COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

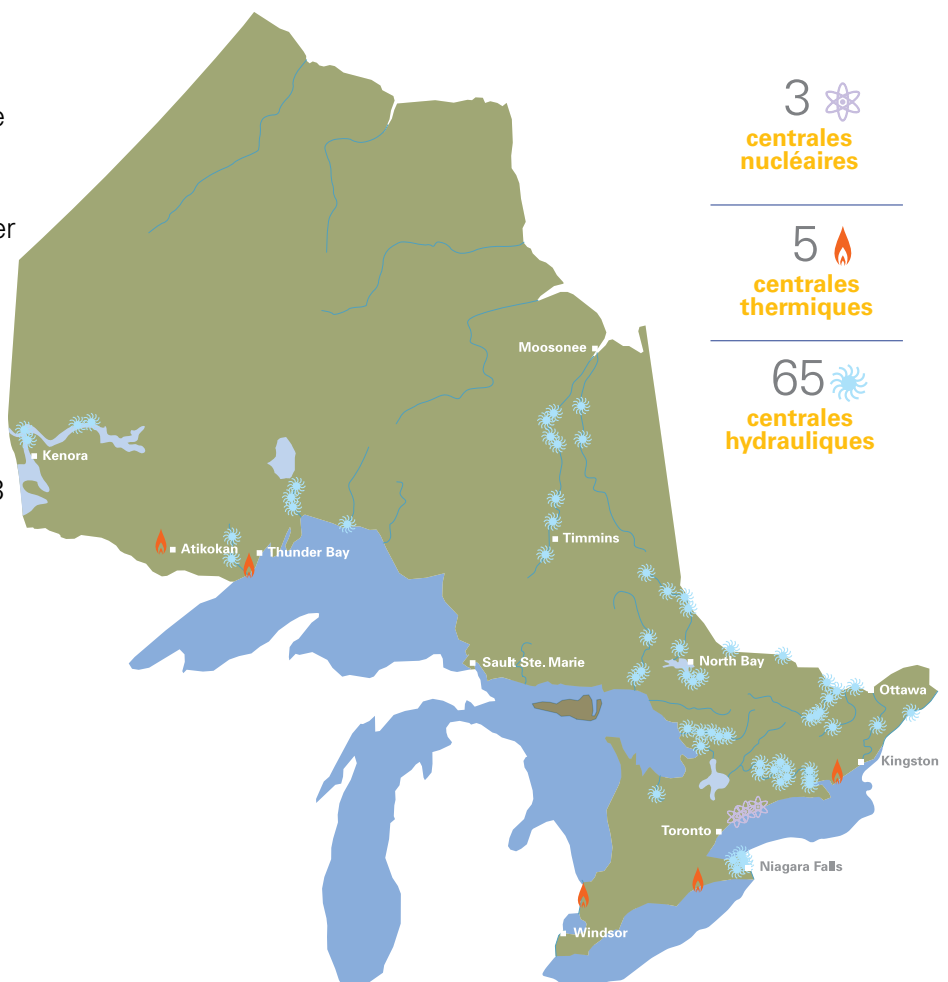
L'ÉLECTRICITÉ EN ONTARIO

L'Ontario utilise différentes filières pour produire son électricité, soit l'énergie nucléaire pour environ la moitié, ainsi que l'énergie hydraulique, le charbon, le gaz naturel et l'énergie éolienne pour le reste.



PORTEFEUILLE ÉNERGÉTIQUE DE L'ONTARIO EN 2009¹

La plupart des centrales électriques ontariennes se trouvent dans la moitié sud de la province, soit à proximité des secteurs où la demande est la plus forte. Ontario Power Generation, entreprise du secteur public qui possède et exploite la plupart de ces centrales, produit environ les deux tiers de l'électricité de la province. La carte ci-contre indique l'emplacement des 73 centrales exploitées par OPG en Ontario.



¹Source : Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité (SIERE) – www.ieso.ca

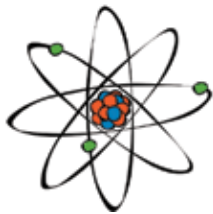
COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

La plupart des installations de production d'électricité – centrales nucléaires, hydrauliques ou à combustible fossile et les éoliennes – font exactement le même travail : elles transforment l'énergie cinétique, c'est à dire l'énergie du mouvement, en un flux d'électrons que l'on appelle « électricité ».

Dans une centrale, on a recours à un énorme **ALTERNATEUR** pour produire de l'électricité. Dans l'alternateur, un aimant géant appelé **ROTOR** tourne à l'intérieur d'un bobinage de fils de cuivre nommé **STATOR**. La force ainsi produite expulse les électrons de leurs atomes et induit dans les fils de cuivre un flux d'électrons, c'est-à-dire l'électricité. Les électrons peuvent alors être envoyés, par les lignes de transport, là où on en a besoin.



Dans un alternateur, des aimants attirent les électrons des atomes d'un fil de cuivre. Le flux d'électrons ainsi créé est ce qu'on appelle « électricité ».

On emploie des roues géantes appelées **TURBINES** pour faire tourner les aimants à l'intérieur de l'alternateur, ce qui nécessite beaucoup d'énergie. La source d'énergie varie selon le type d'installation de production – on utilise un flot déversant dans une centrale hydraulique, la vapeur dans une centrale nucléaire ou une centrale thermique qui brûle un combustible fossile et la force de l'air en mouvement dans une éolienne.

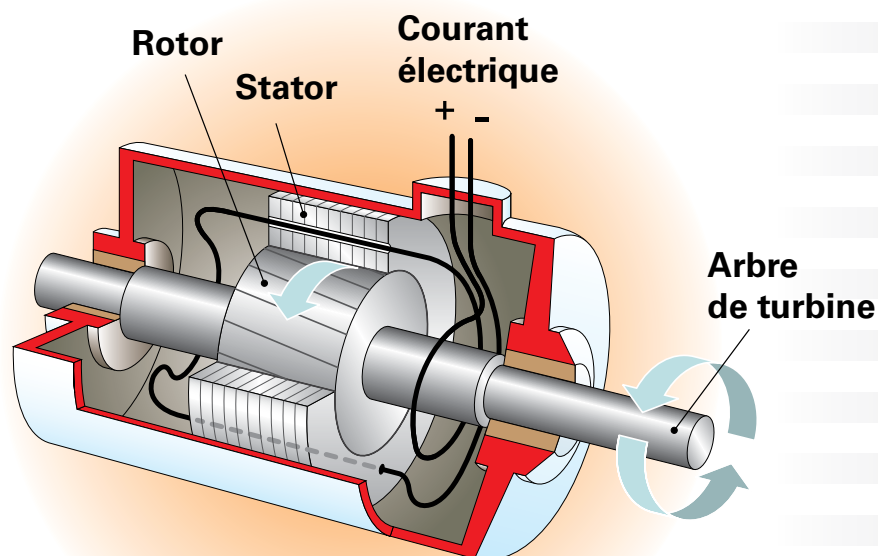


SCHÉMA D'UN ALTERNATEUR

COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ

À la différence d'autres produits, l'électricité doit être consommée dès qu'elle est produite. Il n'existe à l'heure actuelle aucune façon économique de stocker d'importantes quantités d'électricité pour l'utiliser par la suite. On doit constamment équilibrer l'offre et la demande. À mesure que la demande s'accroît, l'offre doit augmenter proportionnellement.

On mesure généralement l'électricité en kilowatts (kW) et en mégawatts (MW) – 1 MW est égal à 1 000 kW. Un kilowatt peut alimenter 10 ampoules électriques de 100 W ou 50 tubes fluocompacts de 20 W.

1 kilowatt =



OU



Pour alimenter les ampoules électriques pendant une heure, il faut un kilowattheure d'électricité. Ainsi, la consommation ou la production de 1 kilowatt pendant une période d'une heure représente un kilowattheure. Une maison consomme en moyenne 1 000 kilowattheures d'électricité par mois.

Notre société demande constamment de l'électricité. Pensez à tous les appareils de votre maison qui continuent de consommer de l'électricité même lorsque vous dormez, comme le climatiseur, l'éclairage extérieur, les horloges numériques et tous les gadgets qui ont besoin d'être rechargés pour le lendemain.



COMMENT ÇA MARCHE

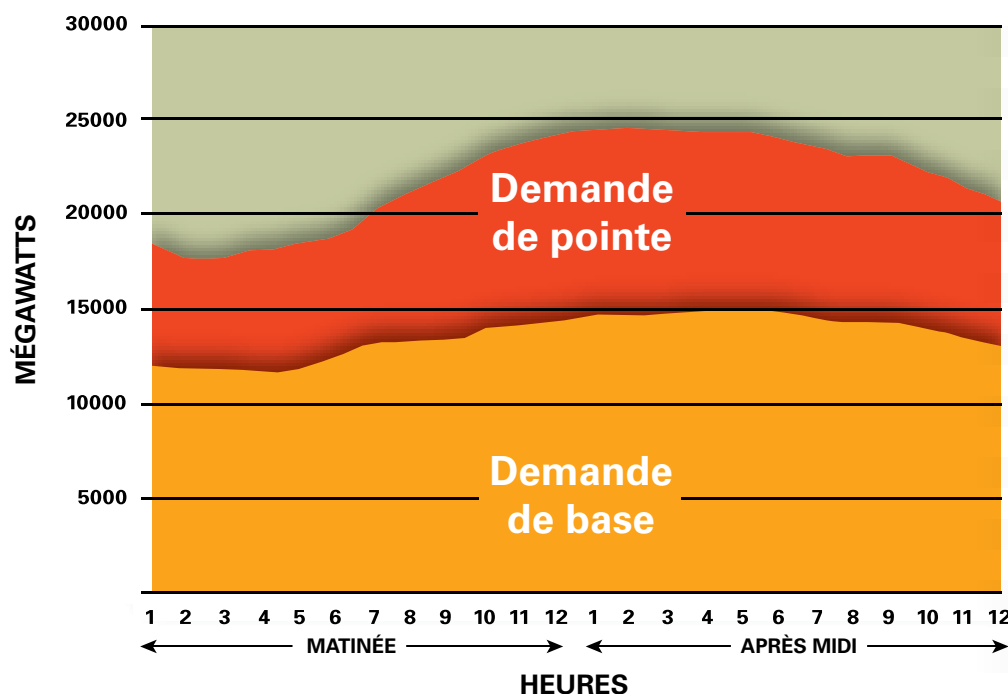
PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

DEMANDE DE BASE ET DEMANDE DE POINTE

La demande régulière constante d'électricité est appelée **DEMANDE DE BASE**. En Ontario, la demande d'électricité de base se situe autour de 11 000 à 15 000 MW selon la période de l'année. La province consomme de l'électricité produite par des centrales nucléaires et de grandes centrales hydrauliques pour répondre à la plus grande partie de la demande de base, car ces types de centrales peuvent produire de l'électricité à un rythme constant et fiable.

Cependant, la demande d'électricité varie tout au long de la journée. Entre 16 et 19 h, au moment où les adultes rentrent du travail et les enfants de l'école et allument les lumières, les fours, les téléviseurs et les sècheuses, la demande d'électricité atteint généralement un sommet. C'est ce que nous appelons la **DEMANDE DE POINTE**. En Ontario, la demande de pointe peut généralement atteindre 10 000 MW de plus que la demande de base. Pendant les journées les plus chaudes de l'été, elle est parfois encore plus élevée lorsque les gens sollicitent davantage leur climatiseur pour ne pas souffrir de la chaleur.

Afin de faire face aux augmentations abruptes de la demande d'électricité durant la journée, l'Ontario a recours à des centrales thermiques (par exemple charbon, au mazout ou au gaz naturel) ainsi qu'à des microcentrales hydrauliques qui, contrairement aux centrales nucléaires, peuvent rapidement augmenter ou réduire leur production. Par ailleurs, l'électricité produite à partir de combustible fossile a des répercussions environnementales plus importantes, il vaut mieux la réserver aux périodes où la production des autres sources est inférieure à la demande.



Ce graphique montre la demande d'électricité par un jour d'été de grande chaleur. À mesure que la température augmente tout au long de la journée, il en va de même de la demande d'électricité.

COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

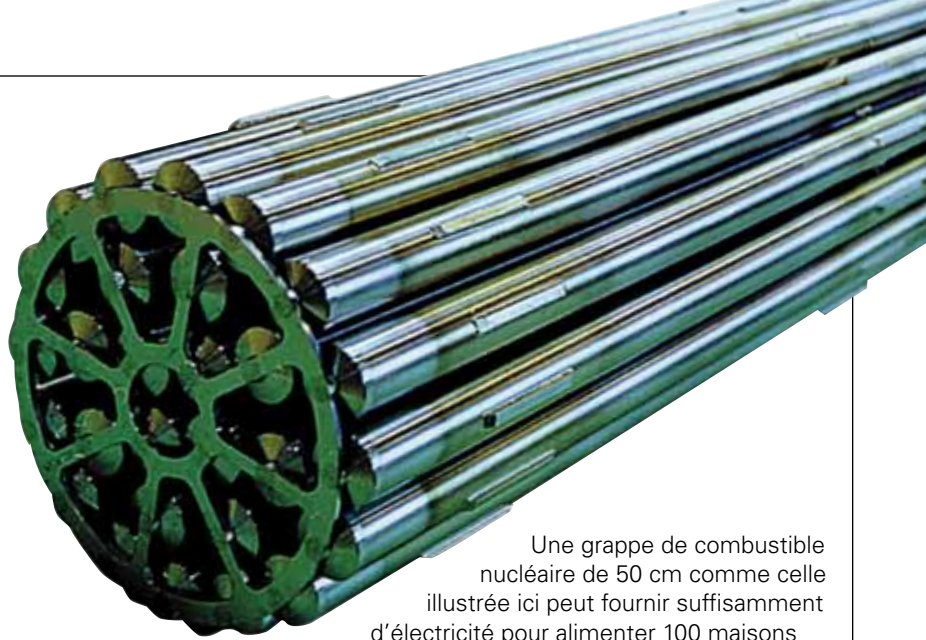
ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Les centrales nucléaires utilisent de l'**URANIUM** pour produire de la chaleur, qui sert ensuite à faire bouillir de l'eau pour la transformer en vapeur. Des 92 éléments qui composent la Terre, l'uranium est celui qui possède les plus gros atomes, et c'est donc leur noyau qui a le plus de chance de se fractionner.

Quand les particules subatomiques appelées **NEUTRONS** entrent en contact avec les atomes d'uranium, le noyau se fractionne, libérant alors de l'énergie sous forme de chaleur. Cette réaction se produit en permanence dans la nature, mais à un rythme extrêmement lent. Les réacteurs nucléaires accélèrent énormément ce processus en ralentissant les neutrons et en augmentant la probabilité qu'ils heurtent et divisent le noyau des atomes d'uranium. Lors de la fission, le noyau libère d'autres neutrons qui iront heurter et diviser de nouveaux noyaux, provoquant ainsi une réaction en chaîne. C'est la **FISSION NUCLÉAIRE**.

Au cœur de chaque réacteur nucléaire se trouvent les **PASTILLES DE COMBUSTIBLE**, grosses comme un ongle. Malgré leur petite taille, ces pastilles permettent de produire des quantités considérables d'énergie.

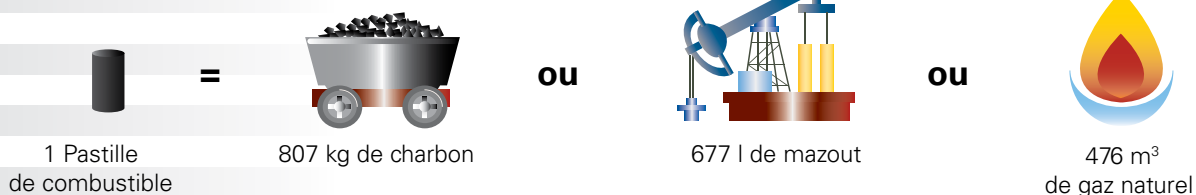
Les réacteurs nucléaires de l'Ontario utilisent des pastilles de combustible faites d'uranium naturel extrait au Canada même. Ces pastilles sont insérées dans des tubes en alliage de zirconium, métal spécial extrêmement résistant à la corrosion, d'environ 50 cm de longueur. Ces tubes sont ensuite fermés par soudage et regroupés dans ce qu'on appelle une **GRAPPE DE COMBUSTIBLE**. Une seule de ces grappes de 50 cm peut produire assez d'énergie pour alimenter 100 maisons pendant un an.



Une grappe de combustible nucléaire de 50 cm comme celle illustrée ici peut fournir suffisamment d'électricité pour alimenter 100 maisons pendant une année.



Une simple pastille de combustible nucléaire peut alimenter une maison de taille moyenne pendant six semaines.



COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ



La centrale nucléaire Darlington, en Ontario, est l'une des plus efficaces du monde. Elle peut répondre à 17 % des besoins en électricité de la province.

On introduit quelques milliers de grappes de combustible dans le cœur du réacteur nucléaire, où la fission du noyau des atomes d'uranium créera une chaleur intense. Cette chaleur fera bouillir de l'eau pour produire de la vapeur qui entraînera une turbine et un alternateur, produisant ainsi de l'électricité.

Les centrales nucléaires peuvent produire des quantités considérables d'électricité à partir d'une très petite quantité de combustible. Une seule pastille de combustible nucléaire de 2,5 cm produit autant d'énergie que 807 kilogrammes de charbon, 677 litres de mazout ou 476 mètres cubes de gaz naturel.

Comme ces centrales ne brûlent aucun combustible, elles ne génèrent pratiquement pas de smog ni de gaz à effet de serre. En revanche, elles génèrent des déchets nucléaires, qui doivent être traités et stockés avec un soin extrême.

CENTRALE NUCLÉAIRE

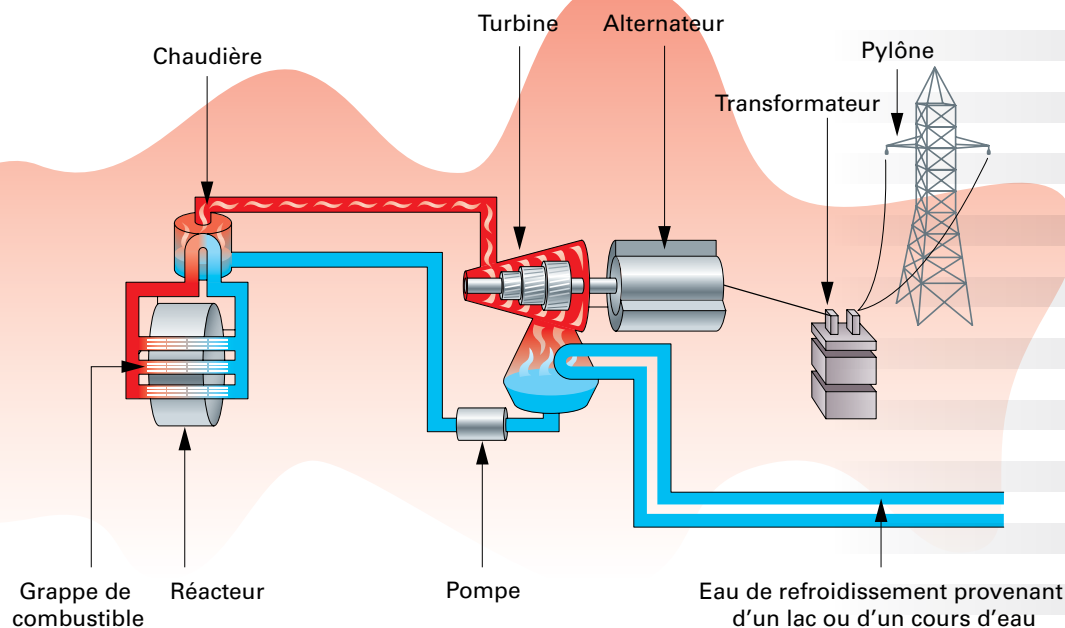


Schéma d'une centrale nucléaire

COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

GESTION DES DÉCHETS NUCLÉAIRES

La fission du noyau des atomes d'uranium crée de nouveaux atomes plus petits. Comme ces **PRODUITS DE FISSION** sont hautement radioactifs, il est essentiel que les grappes de combustible d'uranium retirées des réacteurs soient isolées de l'environnement pendant une longue période de temps.

Les produits de fission sont tellement instables qu'ils se décomposent ou se désintègrent. De minuscules fragments de ces produits se dispersent alors dans toutes les directions. Les atomes qui se désintègrent spontanément de cette façon sont dits radioactifs.

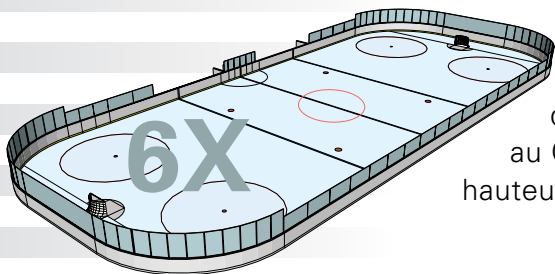


Un travailleur de la centrale nucléaire Pickering observe des grappes de combustible irradié dans une piscine. Les grappes demeurent immergées dans l'eau pendant une dizaine d'années.

Lorsqu'elles ne peuvent plus produire de la chaleur de façon efficace, les grappes de combustible irradié sont retirées du réacteur et immergées dans une **GRANDE PISCINE REMPLIE D'EAU** pour favoriser leur refroidissement. Ces piscines en béton armé, construites sur le site même de la centrale, sont dotées d'un revêtement interne antifuites et conçues pour résister aux tremblements de terre. L'eau permet de refroidir les grappes tout en fournissant une protection contre les rayonnements. Les grappes demeurent immergées dans la piscine pendant une dizaine d'années jusqu'à ce qu'elles soient refroidies et que leur radioactivité ait considérablement diminué.

Les grappes de combustible sont ensuite transférées dans un **SILO DE STOCKAGE À SEC** en béton et acier qui fournit une protection contre les rayonnements. Ces silos sont fermés par soudage et conservés dans des installations extrêmement sécuritaires sur le site de la centrale nucléaire.

Le plan à long terme adopté par le Canada pour gérer son combustible nucléaire irradié prévoit la construction d'une installation de confinement centralisée dans une formation géologique profonde. En attendant, des scientifiques du monde entier cherchent des solutions novatrices pour la gestion à long terme des déchets radioactifs.



La quantité totale de combustible nucléaire irradié généré en 50 ans d'exploitation des centrales nucléaires au Canada remplirait six patinoires à hauteur de la bande.



Une fois sorti de la piscine, le combustible irradié est placé dans un silo de stockage comme ceux-ci. Ces silos sont conservés sur place dans des entrepôts extrêmement sécuritaires où ils sont constamment surveillés.

COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

ÉNERGIE HYDRAULIQUE

L'Ontario utilise l'eau pour produire de l'électricité depuis plus d'un siècle. En fait, certaines centrales ontariennes encore en service aujourd'hui ont plus de cent ans.



Les centrales Sir Adam Beck près des chutes Niagara produisent assez d'électricité pour répondre aux besoins de 10 % de la province.

Les centrales hydrauliques convertissent en énergie électrique l'énergie cinétique d'un flot déversant. Pour transformer en électricité cette énergie cinétique, la plupart des centrales hydrauliques ont recours soit à la dénivellation naturelle entre deux parties consécutives d'un cours d'eau, comme une chute, ou à l'aménagement d'un barrage sur le cours d'eau afin d'élever le niveau d'eau et de créer ainsi la dénivellation requise pour obtenir la force motrice nécessaire.

L'eau est recueillie au sommet du barrage dans le **RÉSERVOIR DE RETENUE**. À partir de là, elle s'écoule dans une **CONDUITE FORCÉE**, qui la transporte vers une **TURBINE HYDRAULIQUE**. La pression de l'eau augmente à mesure qu'elle s'écoule dans la conduite forcée. La pression et le débit de l'eau qui tombe actionnent la turbine qui fait tourner un alternateur, créant ainsi de l'électricité qui est ensuite envoyée par les lignes de transport aux endroits où on en a besoin.

L'énergie hydraulique est une façon particulièrement économique et écologique de produire de l'électricité. Cette source d'énergie renouvelable – l'eau peut être utilisée indéfiniment – ne génère pratiquement pas smog ni de gaz à effet de serre.

L'Ontario exploite à l'heure actuelle 65 centrales hydrauliques, mais il ne reste dans la province que quelques cours d'eau qui se prêteraient à l'aménagement de nouvelles centrales. On devra par la suite trouver d'autres sources d'énergie pour répondre aux besoins en électricité.

CENTRALE HYDRAULIQUE

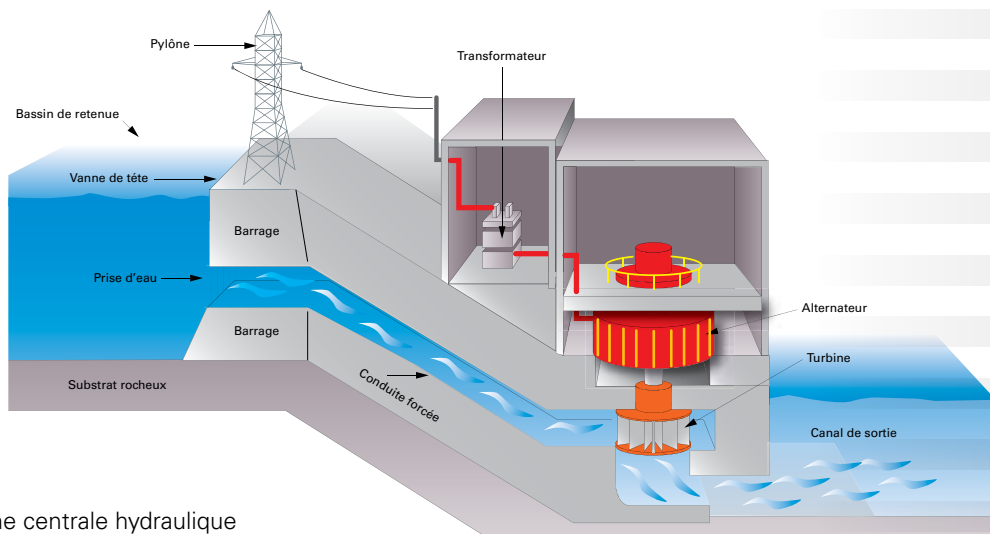


Schéma d'une centrale hydraulique

COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

ÉNERGIE THERMIQUE

Les centrales thermiques brûlent du **CHARBON**, du **MAZOUT** ou du **GAZ NATUREL** pour produire de l'électricité.

Dans le cas des centrales au charbon, on stocke le combustible en tas immédiatement à l'extérieur pour ensuite l'acheminer par convoyeur à l'intérieur de la centrale, où il est chargé dans un immense pulvérisateur qui le broie en poudre fine. D'immenses ventilateurs soufflent la poudre de charbon dans une chambre de combustion géante où elle brûle en dégageant d'importantes quantités de chaleur. La température de la chambre de combustion peut atteindre plus de 3 000 °C.

La chambre de combustion est entourée de conduites d'eau. La chaleur intense dégagée par la combustion du charbon transforme en vapeur l'eau des conduites. La vapeur est ensuite transférée, sous pression et à haute vitesse, par de gros tuyaux à une turbine dont elle fait tourner les ailettes. À partir de là, le processus est le même que dans une centrale nucléaire ou hydraulique : la turbine fait tourner l'alternateur, qui produit l'électricité.

La vapeur est condensée et retransformée en eau au moyen de l'eau de refroidissement provenant généralement d'un lac ou d'un cours d'eau voisin. L'eau est ensuite repompée et acheminée dans les conduites entourant la chambre de combustion pour reprendre le processus.



La centrale Nanticoke, sur la rive du lac Érié, est la plus importante centrale thermique d'OPG.

CENTRALE THERMIQUE

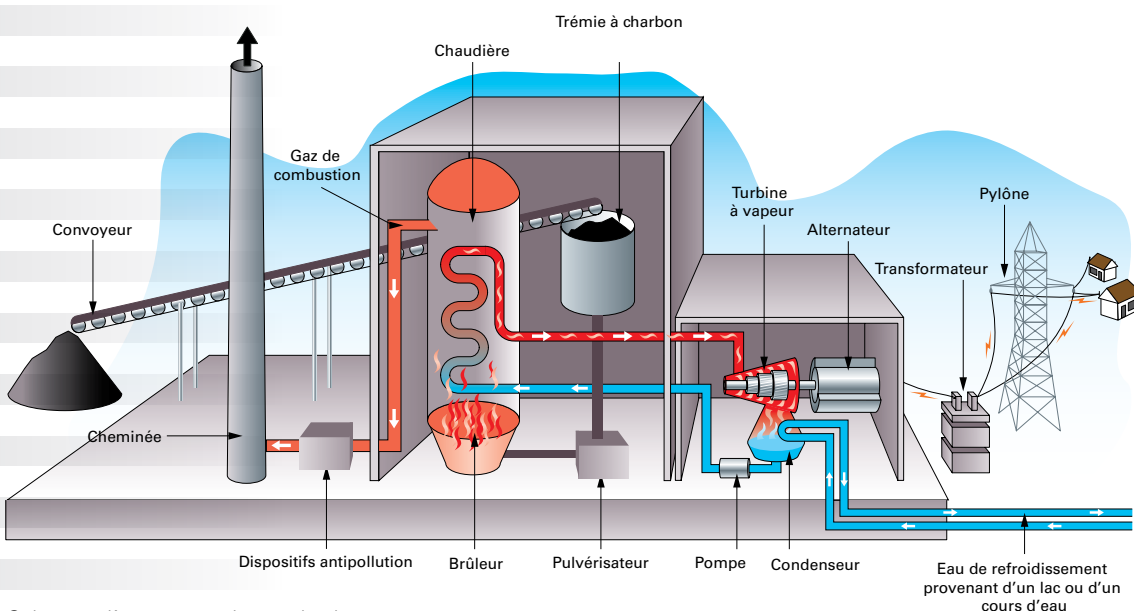


Schéma d'une centrale au charbon

COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

Les centrales thermiques brûlent des combustibles fossiles; elles pourraient aussi brûler de nouveaux combustibles, comme la biomasse. L'Ontario abandonnera graduellement l'utilisation du charbon d'ici la fin 2014. Les centrales thermiques jouent un rôle important. En effet, à la différence des centrales nucléaires, elles peuvent s'adapter rapidement aux variations de la demande. Elles permettent d'accroître facilement la production pour répondre à la demande d'électricité en période de pointe et apporter un complément aux sources intermittentes comme l'énergie éolienne ou solaire.

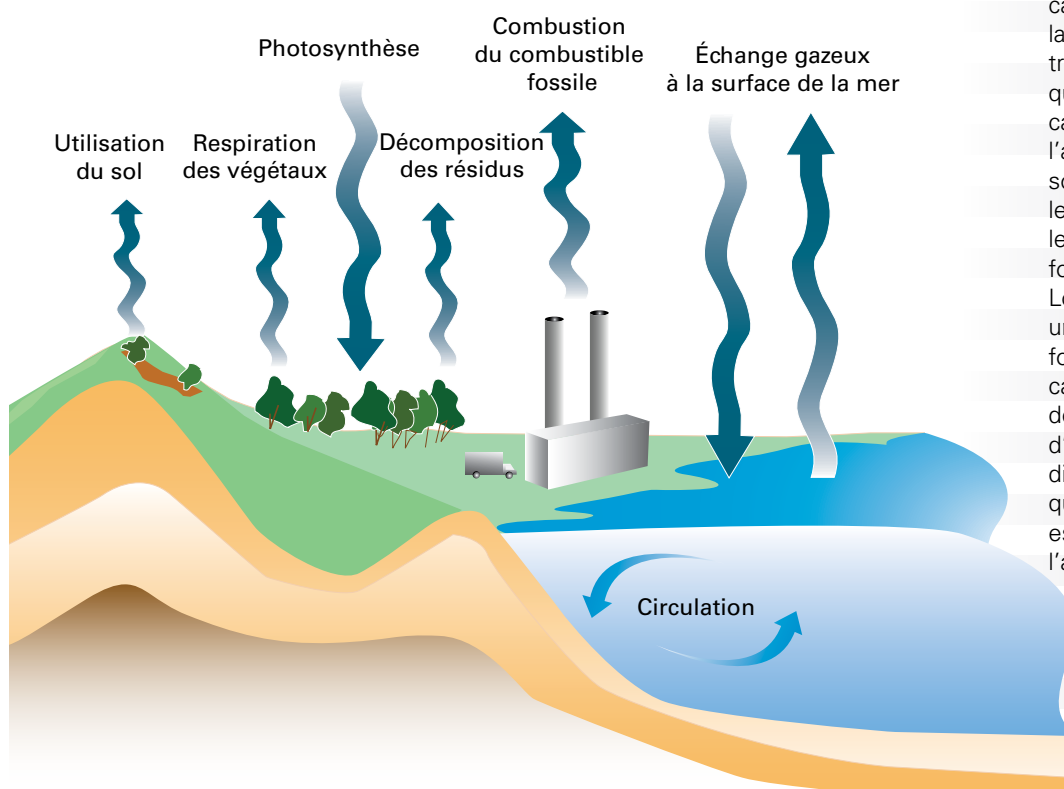


Les centrales au gaz naturel, comme le Portlands Energy Centre, situé à Toronto, servent principalement à répondre à la demande d'électricité de pointe.

L'utilisation de combustible fossile pour produire de l'électricité génère plusieurs sous-produits nocifs pour l'environnement, notamment des gaz comme le **DIOXYDE DE SOUFRE (SO_2)** et les **OXYDES D'AZOTE (NO_x)** à l'origine du smog et des précipitations acides. Certaines centrales au charbon de l'Ontario ont toutefois recours à des technologies spéciales qui réduisent ou éliminent pratiquement ces polluants.

En brûlant, les combustibles fossiles rejettent aussi du **DIOXYDE DE CARBONE (CO_2)**, qui est un **GAZ À EFFET DE SERRE**. Les gaz à effet de serre piègent la chaleur dans l'atmosphère terrestre et peuvent entraîner une élévation de la température à la surface de la Terre. C'est ce que l'on appelle le « réchauffement planétaire ».

LE CYCLE DU CARBONE



Le cycle du carbone représente la suite des transformations que subit le carbone entre l'atmosphère, le sol, les végétaux, les animaux et les combustibles fossiles. Lorsqu'on brûle un combustible fossile, où le carbone est stocké depuis des millions d'années, le dioxyde de carbone qu'il renferme est libéré dans l'atmosphère.

COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

ÉNERGIE DE LA BIOMASSE

L'énergie de la biomasse est celle que l'on tire de la combustion de matières végétales d'origine agricole ou forestière. La biomasse utilisée par OPG ne comprend aucun produit alimentaire.

La biomasse présente des avantages au chapitre de la lutte contre le changement climatique. La quantité de dioxyde de carbone libérée dans l'atmosphère lors de la combustion est égale à celle absorbée par les végétaux au cours de leur croissance.

En Ontario, plusieurs centrales au charbon utilisent actuellement à titre expérimental un combustible issu de la biomasse. Cette filière présente plusieurs avantages sur le plan environnemental, notamment :

- Réduction des émissions de CO₂ nettes
- Réduction des émissions de soufre
- Réduction des émissions de mercure

La biomasse pourrait remplacer en tout ou en partie le charbon brûlé dans certaines centrales thermiques de l'Ontario.

Les silos montrés ici servent au stockage de la biomasse qui alimentera la centrale Nanticoke et aidera ainsi à réduire ses émissions nettes de CO₂.



Les boulettes de biomasse d'origine agricole ou forestière montrées sur la photo permettent de produire une électricité renouvelable sans générer d'émissions de carbone.



COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

ÉNERGIE ÉOLIENNE

Pour produire de l'électricité, les éoliennes fonctionnent à peu près selon le même principe qu'une centrale hydraulique. Au lieu d'un flot déversant, l'éolienne utilise l'énergie cinétique de l'air en mouvement pour faire tourner les ailettes de la turbine qui est raccordée à un alternateur.



L'éolienne de Pickering montrée ici produit assez d'énergie pour alimenter 330 habitations pendant une année.

L'énergie éolienne fournit à l'heure actuelle environ 2%¹ de l'électricité de l'Ontario, mais il s'agit d'une filière en rapide expansion dans le monde, qui est appelée à jouer un rôle croissant dans l'offre d'électricité.

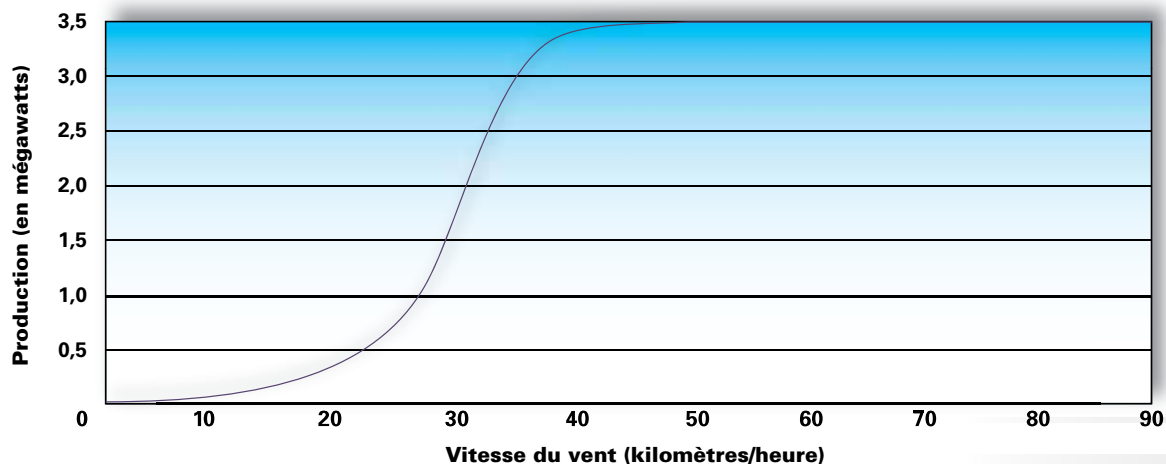
La quantité d'électricité produite par une éolienne dépend de la force et de la constance du vent à un moment donné. De façon générale, le vent doit souffler à 14 km à l'heure pour qu'une éolienne commence à produire de l'électricité. Plus il souffle fort, jusqu'à concurrence de 50 km à l'heure, plus la production augmente.

La plupart des types de centrales électriques peuvent fonctionner 24 heures sur 24, mais les éoliennes produisent de l'électricité de façon intermittente, uniquement quand le vent souffle à la vitesse appropriée. Le vent est généralement plus fort le soir que le jour et l'hiver que l'été. En raison de cette contrainte, on ne peut pas toujours compter sur les éoliennes pour répondre à la demande d'électricité de pointe.

En Ontario, le vent permet de produire de l'électricité en moyenne 20 % du temps.

Le graphique ci-après montre la variation de la production d'une éolienne de 3 MW en fonction de la vitesse du vent.

PRODUCTION D'UNE ÉOLIENNE DE TROIS MÉGAWATTS (VALEURS GÉNÉRIQUES)²



¹Source : Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité (SIERE) – www.ieso.ca

²Source : Office de l'électricité de l'Ontario – www.powerauthority.on.ca

COMMENT ÇA MARCHE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

ÉMISSIONS DE CO₂

Les centrales thermiques au charbon, au mazout ou au gaz naturel brûlent ces combustibles pour produire de la chaleur et rejettent dans l'atmosphère des gaz à effet de serre.

D'autres installations de production comme les éoliennes et les panneaux solaires n'émettent pas de gaz à effet de serre lorsqu'elles convertissent leurs sources d'énergie en électricité.

Une centrale nucléaire n'émet pratiquement pas de gaz à effet de serre lorsqu'elle transforme en électricité l'énergie thermique issue de la fission du noyau des atomes d'uranium. Toutefois, une certaine quantité de gaz à effet de serre est émise pendant la construction de la centrale et l'extraction de l'uranium.

Il en va de même pour les installations solaires et éoliennes. Les panneaux solaires ne produisent pas d'émissions au moment de la conversion de l'énergie solaire en électricité, mais leur fabrication et leur mise en place entraînent l'émission de gaz à effet de serre.

Pour comprendre la quantité globale de CO₂ générée par les différentes filières de production d'électricité, il faut prendre en compte tous ces facteurs. On parle alors des **ÉMISSIONS SUR LE CYCLE DE VIE**, car toutes les émissions résultant des activités d'une installation sont comptabilisées, depuis sa construction jusqu'à son démantèlement.

La figure ci-après montre les émissions sur le cycle de vie de différentes filières de production d'électricité. Les émissions de CO₂ sont mesurées en grammes par kilowattheure d'électricité produite. Une maison consomme en moyenne 1 000 kilowattheures par mois.

ÉMISSIONS DE CO₂ AU COURS DU CYCLE DE VIE¹

Énergie nucléaire	Gaz naturel	Charbon	Énergie hydraulique	Énergie éolienne	Énergie solaire
30,5	450,0	986,0	25,0	65,5	372,0
Quantité de CO ₂ générée en grammes par kilowattheure d'électricité					

¹Source : Koch, Frans F. Hydropower Internalized Costs and Externalized Benefits, Agence internationale de l'énergie, Ottawa, 2000.

OPG tient à exprimer sa gratitude aux professeurs de sciences de l'Ontario qui ont mis leur temps et leur expertise au service de l'élaboration du présent guide.

This guide is also available in English (in PDF format) on the Ontario Power Generation Website.

Pour en savoir plus, visitez le site :
www.opg.com/learningzone



Les matériaux utilisés pour la confection du présent guide sont sans danger pour l'environnement. La couverture et les pages intérieures sont faites de matériaux recyclés et recyclables et contiennent un minimum de 10 % de papier de post-consommation. Des encres végétales ont été utilisées.

© Ontario Power Generation Inc., 2010

ONTARIO**POWER**
GENERATION

opg.com