

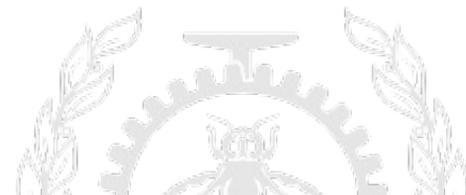


Module 11
INF8480 Systèmes répartis et infonuagique

École Polytechnique de Montréal
Département de génie informatique et génie logiciel

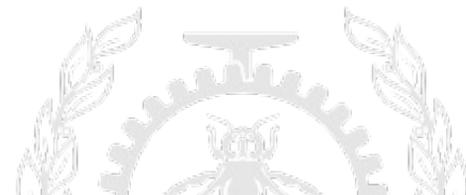
Sommaire

1. L'ingénieur et le développement durable
2. L'économie selon un modèle de développement durable
3. L'informatique et le développement durable
4. L'économie d'un centre de données selon un modèle de développement durable



Sommaire

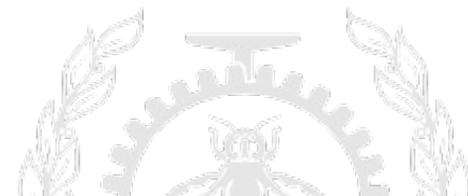
1. [L'ingénieur et le développement durable](#)
2. L'économie selon un modèle de développement durable
3. L'informatique et le développement durable
4. L'économie d'un centre de données selon un modèle de développement durable



L'ingénieur

Un ingénieur est un professionnel concevant des projets, si possible, par des moyens novateurs, et dirigeant la réalisation et la mise en ÷uvre de l'ensemble : produits, systèmes ou services impliquant de résoudre des problèmes techniques complexes. Il crée, il conçoit, il innove dans plusieurs domaines tout en prenant en compte des facteurs sociaux, environnementaux et économiques. Il lui faut pour cela, non seulement des connaissances techniques, mais aussi économiques, sociales, environnementales et humaines reposant sur une solide culture scientifique et générale.

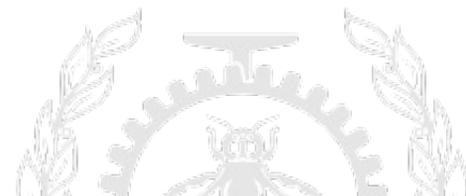
(Wikipedia)



Le développement durable

Le développement durable est une nouvelle conception de l'intérêt général, appliquée à la croissance économique et reconsidérée à l'échelle mondiale afin de prendre en compte les aspects environnementaux et sociaux d'une planète globalisée. Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins.

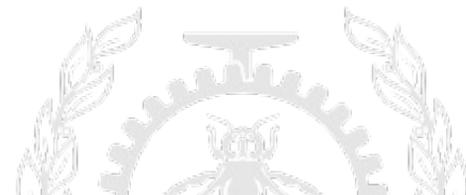
(Wikipedia)



Loi fédérale sur le développement durable

Développement qui permet de répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations futures de satisfaire les leurs.

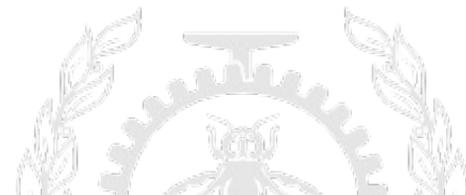
(Canada 2008)



Loi provinciale sur le développement durable

Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Le développement durable s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement.

(Québec 2006)

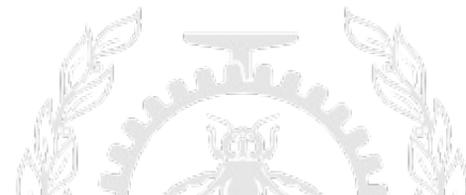


Les 16 principes du développement durable au Québec

- Santé et qualité de vie
- Équité et solidarité sociale
- Protection de l'environnement
- Efficacité économique
- Participation et engagement
- Accès au savoir
- Subsidiarité
- Partenariat et coopération intergouvernementale
- Prévention
- Précaution
- Protection du patrimoine culturel
- Préservation de la biodiversité
- Respect de la capacité de support des écosystèmes
- Production et consommation responsables
- Pollueur payeur
- Internalisation des coûts

Code de déontologie de l'Ordre des Ingénieurs du Québec

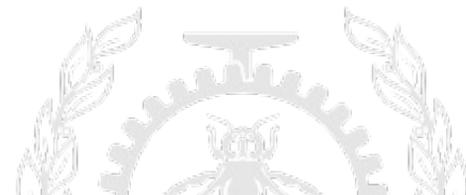
Dans tous les aspects de son travail, l'ingénieur doit respecter ses obligations envers l'homme et tenir compte des conséquences de l'exécution de ses travaux sur l'environnement et sur la vie, la santé et la propriété de toute personne.



Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes de Génie (BCAPG)

Les 12 qualités:

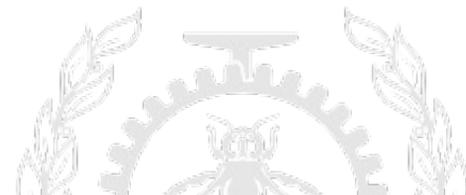
- Investigation
- Conception
- Utilisation d'outils d'ingénierie
- Travail individuel et en équipe
- Communication
- Professionnalisme
- Impact du génie sur la société et l'environnement
- Analyse de problèmes
- Déontologie et équité
- Économie et gestion de projets
- Apprentissage continu
- Connaissances en génie



Conseil canadien des ingénieurs, 2016

Les lignes directrices du guide national sur le développement durable et la gestion environnementale, les ingénieurs:

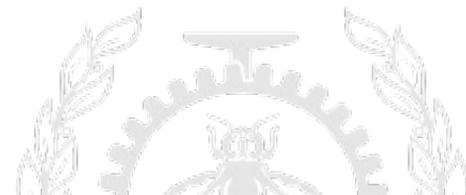
- 1 devraient maintenir et améliorer continuellement leur connaissance et leur compréhension des principes et des enjeux de la gestion environnementale et de la durabilité dans leur champ d'exercice;
- 2 devraient avoir recours à l'expertise de spécialistes pour régler de manière appropriée les questions liées à l'environnement et à la durabilité, de même que pour améliorer leur compréhension de ces questions et les pratiques en la matière;
- 3 devraient tenir compte dans leur travail des valeurs sociétales aux échelons international, régional et local;



Conseil canadien des ingénieurs, 2016 (suite)

Les lignes directrices du guide national sur le développement durable et la gérance environnementale, les ingénieurs:

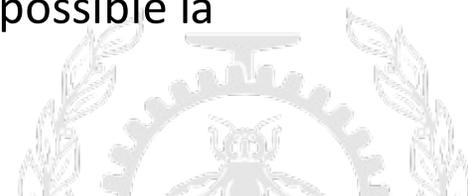
- 4 devraient adopter des indicateurs de durabilité et des critères de gérance environnementale établis d'un commun accord dès la phase initiale des projets, et en évaluer périodiquement la mise en oeuvre par rapport à des cibles de rendement;
- 5 devraient déterminer les coûts et les avantages de la protection de l'environnement, des éléments de l'écosystème et de la durabilité lors de l'évaluation de la viabilité économique des travaux;
- 6 devraient intégrer la planification de la gérance environnementale et de la durabilité à la planification du cycle de vie et à la gestion des activités qui ont un impact sur l'environnement, et mettre en oeuvre des solutions efficaces et durables;



Conseil canadien des ingénieurs, 2016 (suite)

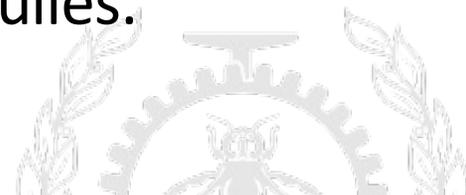
Les lignes directrices du guide national sur le développement durable et la gérance environnementale, les ingénieurs:

- 7 devraient rechercher et di user des innovations qui permettent d'équilibrer les facteurs environnementaux, sociaux et économiques, tout en contribuant à la santé de l'environnement bâti et naturel;
- 8 devraient assumer un rôle de leadership dans les discussions concernant la durabilité et la gérance environnementale, et solliciter l'avis des parties prenantes et des experts accrédités de façon ouverte et transparente;
- 9 devraient s'assurer que les projets respectent les exigences réglementaires et législatives, par l'application des technologies et des procédures optimales et les plus économiquement viables;
- 10 devraient, s'il existe des risques de dommages graves ou irréversibles, mais pas de certitude scienti que, mettre en oeuvre des mesures d'atténuation des risques en temps voulu pour limiter le plus possible la dégradation de l'environnement.



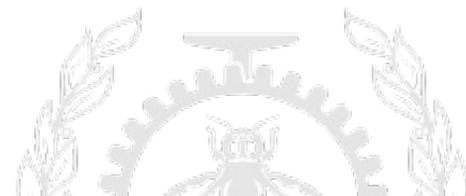
Autres lois et principes liés au développement durable

- La procédure d'évaluation environnementale du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE): barrage, dragage, port, gare, aéroport, gazoduc, centrale, raffinerie, mine, incinérateur, nucléaire, certains types d'usines...
- Responsabilité élargie des producteurs (REP), ministère du développement durable, environnement et lutte contre les changements climatiques: récupération et valorisation des produits électroniques, des piles et batteries, des lampes avec mercure, des peintures et leurs contenants, et des huiles.



Sommaire

1. L'ingénieur et le développement durable
2. L'économie selon un modèle de développement durable
3. L'informatique et le développement durable
4. L'économie d'un centre de données selon un modèle de développement durable

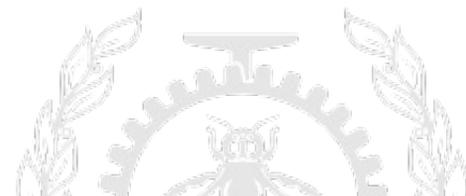


L'économie

L'économie est une discipline qui étudie l'économie en tant qu'activité humaine qui consiste en la production, la distribution, l'échange et la consommation de biens et de services.

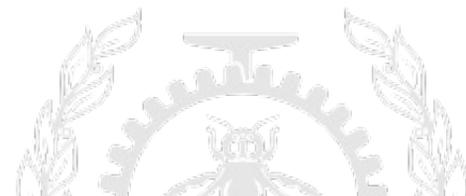
(Wikipedia)

- Un outil pour évaluer les bénéfices d'un scénario de projet et comparer diverses solutions alternatives.



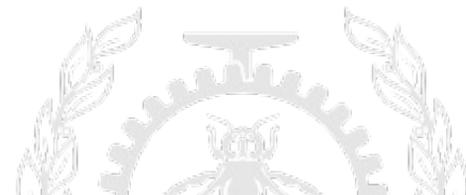
Scénario A

- Un jeune entrepreneur achète un immeuble à logements à crédit. Selon ses estimés, il escompte les revenus et dépenses suivants pour la prochaine année.
- Hypothèque, entretien, taxes, salaires, électricité... \$350000
- Revenu des loyers, \$300000.
- Est-ce rentable?
- Les données sont-elles complètes?



Scénario B

- Un jeune entrepreneur hérite d'une ferme et de sa machinerie. Selon ses estimés, en travaillant dur, il escompte les revenus et dépenses suivants pour la prochaine année.
- Engrais, semences, carburant, entretien, taxes, salaires, électricité...\$300000
- Vente des produits agricoles, \$350000.
- Est-ce rentable?
- Les données sont-elles complètes?



Que vaut notre temps?

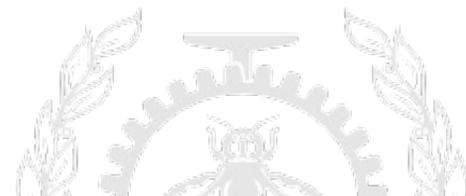
- Le prix du salaire à payer pour embaucher quelqu'un qui fait le même travail.
- L'impôt peut biaiser le calcul, le revenu du travail peut générer une augmentation du capital, ce qui est imposé à moitié...
- Peinturer ou cuisiner soi-même, réduction de dépense plutôt que revenu imposé, en partie divertissant versus quelqu'un qui ne fait que cela...
- Le salaire est en relation avec l'offre et la demande, ce qui dépend du nombre de personnes aptes à faire ce travail et de l'intérêt que présente ce travail... avec quelques barrières artificielles qui perturbent cet équilibre.
- Les enquêtes sur le transport qui étudient les choix des usagers permettent d'évaluer le prix que les usagers mettent sur leur temps selon la situation (attendre dans son auto, attendre l'autobus, faire du vélo).

L'économiste et les conserves

Le jour que nous reçûmes la visite de l'économiste, nous faisons justement nos conserves de cassis, de groseille et de framboise.

L'économiste, aussitôt, commença de m'expliquer avec toutes sortes de mots, de chiffres et de formules, que nous avions le plus grand tort de faire nos conserves nous-mêmes, que c'était une coutume du moyen âge, que, vu le prix du sucre, du feu, des pots et surtout de notre temps, nous avons tout avantage à manger les bonnes conserves qui nous viennent des usines, que la question semblait tranchée, que, bientôt, personne au monde ne commettrait plus jamais pareille faute économique.

Attendez, monsieur! m'écriai-je. Le marchand me vendra-t-il ce que je tiens pour le meilleur et le principal?



L'économiste et les con tures

Quoi donc? Fit l'économiste.

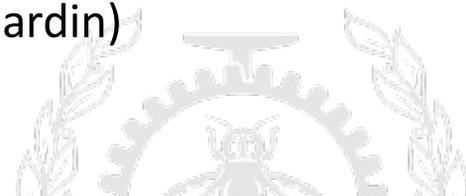
Mais l'odeur, monsieur, l'odeur! Respirez: la maison toute entière est embaumée. Comme le monde serait triste sans l'odeur des con tures!

L'économiste, à ces mots, ouvrit des yeux d'herbivore. Je commençais de m'en ammer.

Ici, monsieur, lui dis-je, nous faisons nos con tures uniquement pour le parfum. Le reste n'a pas d'importance. Quand les con tures sont faites, eh bien! Monsieur, nous les jetons.

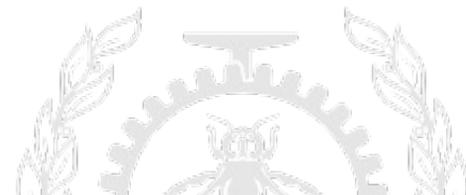
J'ai dit cela dans un grand mouvement lyrique et pour éblouir le savant. Ce n'est pas tout à fait vrai. Nous mangeons nos con tures, en souvenir de leur parfum.

(Georges Duhamel Fables de mon jardin)



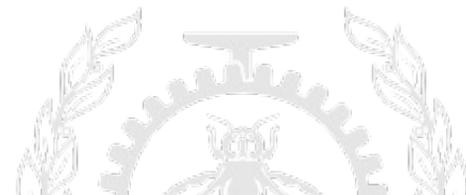
Scénario A

- Un jeune entrepreneur achète un immeuble à logements à crédit.
- Est-ce que l'hypothèque inclut une part de remboursement de capital, ce qui est un revenu?
- Combien l'immeuble prend-il de valeur?
- Il faut comparer ce scénario sur une longue période avec ne rien faire, en tenant compte de l'argent à ajouter à chaque année, de l'évolution du prix des dépenses et des loyers et surtout du produit de la vente de l'immeuble, après impôt, à la fin de la période. Il est possible que les pertes annuelles soient déductibles de l'impôt si cet entrepreneur a d'autres revenus.



Scénario B

- Un jeune entrepreneur hérite d'une ferme et de sa machinerie...
- Combien d'heures devra-t-il travailler?
- Combien vaut la ferme?
- Qu'en est-il de la dépréciation sur la machinerie et les immeubles? En dépit de l'entretien, il faut éventuellement remplacer ces équipements coûteux.
- Est-ce qu'il y a un facteur de risque (récolte perdue)?
- Une étude économique classique comparera ce scénario (avec la vente au bout de 30 ans) avec la vente de la ferme, le placement du produit de la vente, et le salaire obtenu en travaillant un emploi équivalent...
- Avec l'approche développement durable, il faut aussi regarder les aspects environnementaux (carburant, engrais chimique, pollution...).

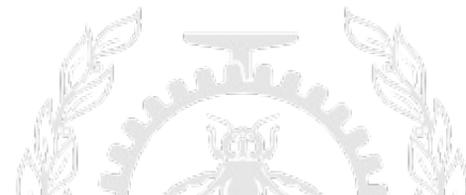


Les données manquantes

- Le prix d'un bien ne tient généralement pas compte de l'appauvrissement des ressources épuisables (pétrole, minerais...) et de la pollution de l'environnement (accumulation des gaz à effet de serre, empoisonnement graduel du milieu, accumulation de déchets plastiques).
- Les redevances sur l'extraction minière et les taxes sur les produits polluants ne compensent souvent qu'en partie les dommages.
- La société sous sa forme actuelle se dirige vers un mur mais amorce un virage vers l'économie circulaire.
- Dans l'évaluation d'un projet, l'ingénieur doit tenir compte de ces données manquantes non répertoriées dans les prix actuels.

Analyse du cycle de vie d'un produit ou projet

- Tenir compte de l'impact environnemental
- Considérer toutes les phases: acquisition des ressources, fabrication, distribution, utilisation, gestion en fin de vie.
- Mesurer l'impact environnemental à plusieurs niveaux: santé humaine, écologie, changements climatiques, utilisation des ressources.
- Il est souvent difficile mais pas nécessairement impossible de mettre un prix sur ces différents impacts. Bourse du carbone: <https://www.youtube.com/watch?v=ReOj12UAus4>
- Approche Cycle de Vie: <https://vimeo.com/40419331>



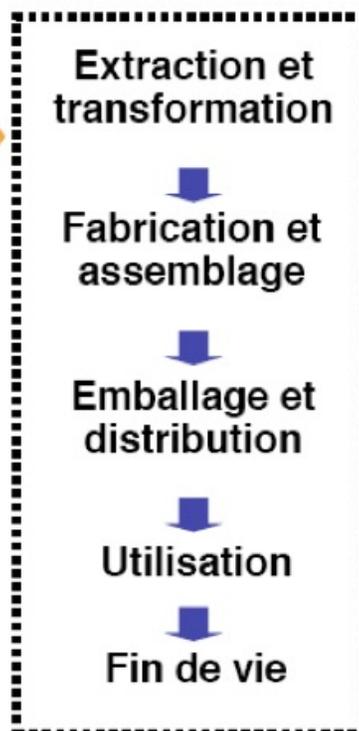
Intrants et sortants pour un projet

L'inventaire du cycle de vie

Entrants

Ressources naturelles

Minerai de fer
Pétrole brut
Eau
Bois
Énergie solaire
Territoire



Sortants

Émissions dans

L'air : CO₂, SO₂, PM, COV
L'eau : PO₄, NO₃
Le sol : pesticides, métaux



Autres interventions dans l'environnement

Radiations
Chaleur
Bruit



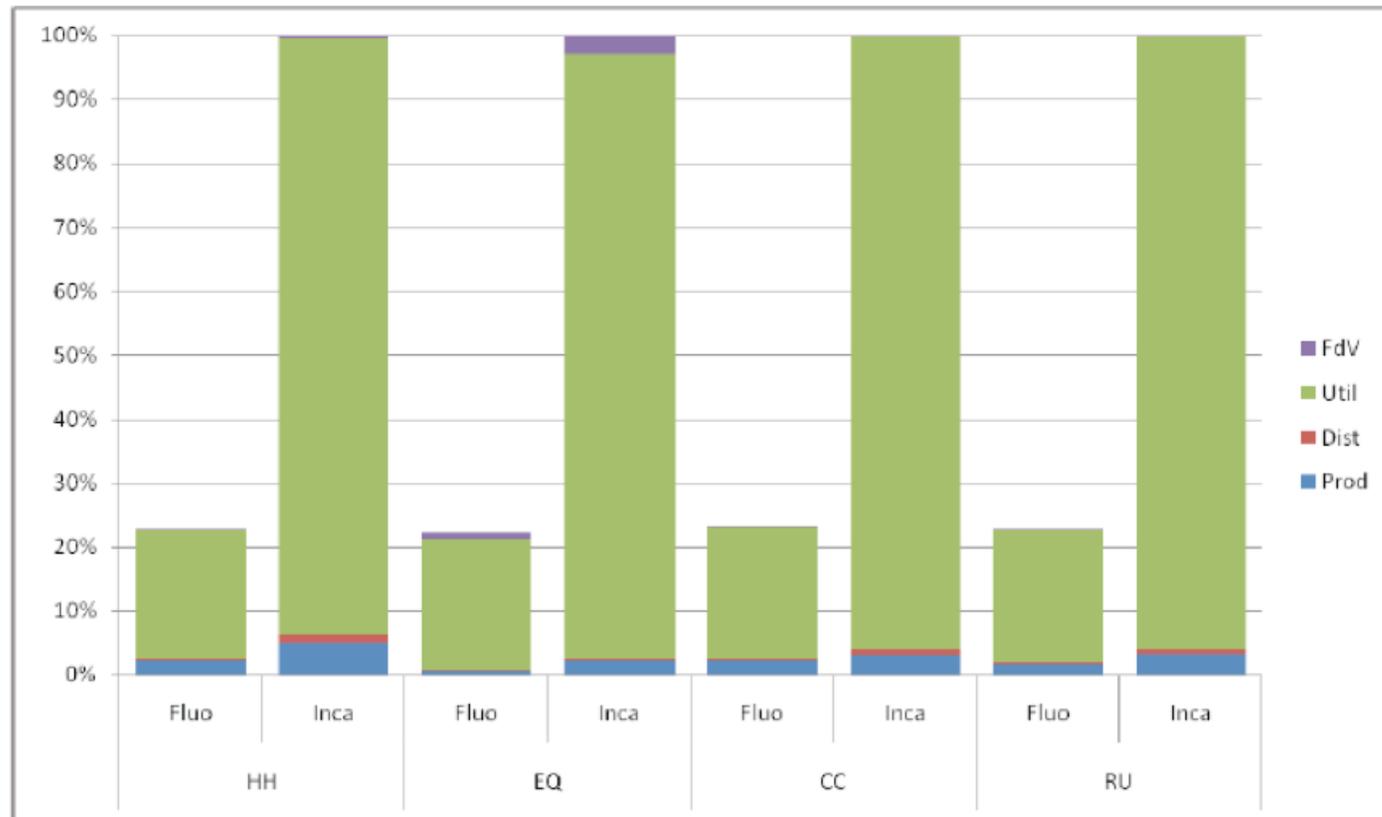
Unité fonctionnelle

= certaine « quantité » de fonction à laquelle sont rapportés les entrants et les sortants



Cycle de vie des ampoules

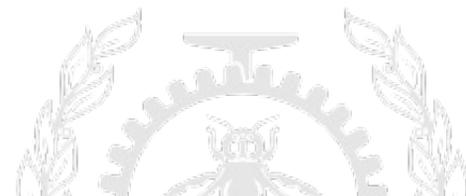
Résultats d'indicateur pour les ampoules



L'écoblanchiment

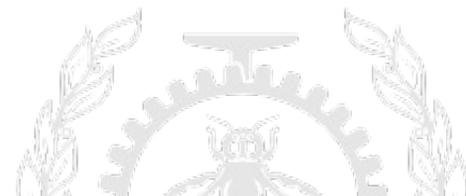
L'écoblanchiment, ou verdissage, aussi nommé greenwashing, est une expression désignant un procédé de marketing ou de relations publiques utilisé par une organisation (entreprise, administration publique nationale ou territoriale, etc.) dans le but de se donner une image écologique responsable. La plupart du temps, l'argent est davantage investi en publicité que pour de réelles actions en faveur de l'environnement.

(Wikipedia)



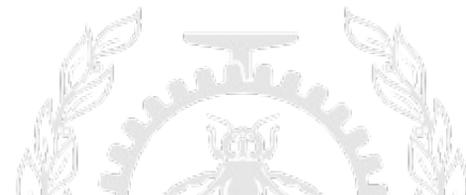
Sommaire

1. L'ingénieur et le développement durable
2. L'économie selon un modèle de développement durable
3. L'informatique et le développement durable
4. L'économie d'un centre de données selon un modèle de développement durable



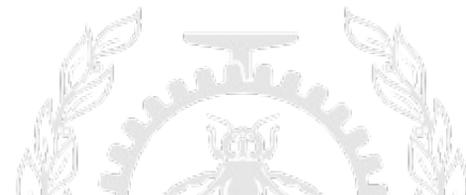
L'informatique et le développement durable

- L'informatique, vecteur de dématérialisation, de procédés plus e caces et d'optimisation.
- Les coûts de l'informatique, au niveau du client mais plus encore de la face cachée que constituent les centres de données.



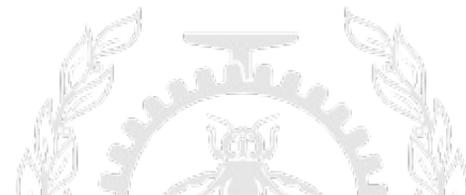
Dématérialisation

- Le papier est remplacé par des versions électroniques (factures, documents, livres, formulaires, cartes d'embarquement...).
- Le travail à distance, usuellement à l'aide d'un ordinateur en réseau.
- Les vidéo-conférences qui remplacent les réunions en personne.
- Les jeux vidéo et systèmes immersifs plutôt que d'aller à l'extérieur ou voyager.
- Paperless office pure action (CBC News 2006)! La consommation de papier dans les bureaux a dans un premier temps augmenté avec la démocratisation de l'impression, connu un sommet en 2015 et commence à baisser depuis.
- Cette baisse a commencé plus tôt (2012) en Amérique du nord et en Europe mais était contrebalancée par l'augmentation en Asie.



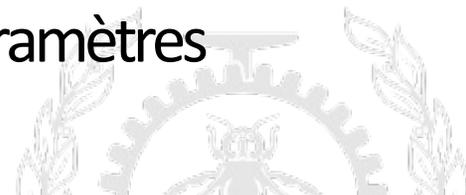
Informatisation de procédés

- Épandage d'engrais en fonction de la position, basé sur des analyses de sol en plusieurs lieux.
- Conduite autonome d'avion, de camion, d'auto...
- Découpage laser commandé par ordinateur.
- Moteur à vitesse variable pour les ventilateurs.
- L'électronique pour la commande ne cesse de diminuer de prix.



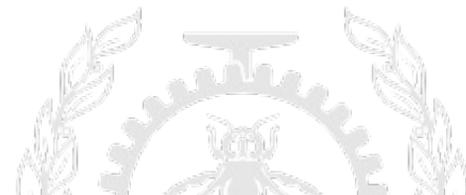
Optimisation

- Optimisation du profil d'une aile d'avion, d'une carrosserie de voiture ou des pales d'une turbine.
- Optimisation du chemin pour la livraison de colis pour les conducteurs de camion.
- Modélisation 3D en architecture.
- Calcul des horaires pour le personnel (trains, avions, hopitaux...).
- Prévisions météorologiques.
- Planification de la demande en fonction de divers paramètres (e.g. canicule prévue versus climatiseurs).



Sommaire

1. L'ingénieur et le développement durable
2. L'économie selon un modèle de développement durable
3. L'informatique et le développement durable
4. L'économie d'un centre de données selon un modèle de développement durable



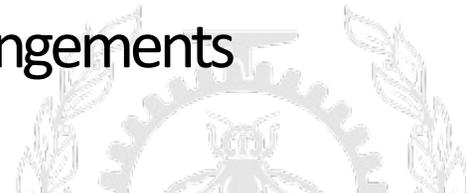
Le client informatique

- Les coûts et problématiques au niveau du client sont semblables et un sous-ensemble de ceux rencontrés dans les centres de données.



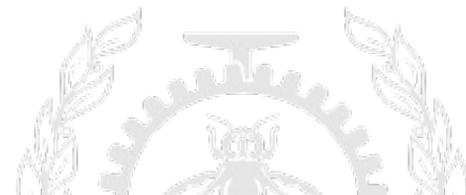
L'économie d'un centre de données

- Construction / fabrication: construction du centre de données et de ses infrastructures; fabrication de l'équipement.
- Transport des matériaux et de l'équipement vers le site.
- Opération du centre de données: consommation d'énergie, fournitures, entretien, employés; renouvellement des équipements informatiques aux 3 à 5 ans typiquement.
- Fin de vie et démantèlement: recyclage des équipements et peut-être du bâtiment, remise en état des lieux.
- Pour chacune de ces étapes, considérer les coûts directs ainsi que l'impact sur la santé humaine, l'écologie, les changements climatiques et l'utilisation des ressources.



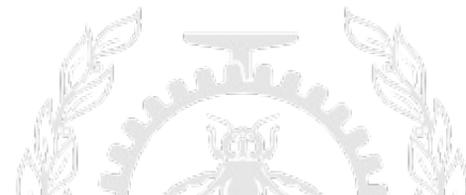
Réaliser une analyse

- Obtenir toutes les données spécifiques aux équipements choisis, aux constructeurs, aux fournisseurs...
- Ou utiliser un mélange de données moyennes de l'industrie (e.g., béton, serveurs) et de données spécifiques (e.g., énergie fournie par Hydro-Québec).
- Mandater un groupe spécialisé en Analyse du Cycle de vie (e.g. CIRAIG).
- Groupements pour l'informatique durable (Green ICT)
<https://www.thegreengrid.org/>
<http://greenict.ieee.org/standards>
- Centre de données de Google: <https://youtu.be/voOK-1DLr00>
- Centre de données de Microsoft: <https://youtu.be/VtYTppHp8vY>
- Le projet Kolos: <https://youtu.be/YUYYblvFIYQ>



Exemple d'analyse d'un centre au Royaume-Uni

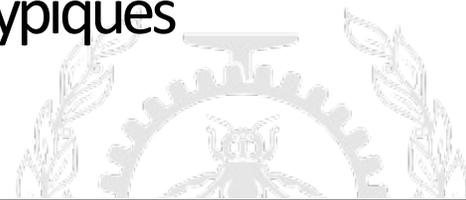
- Bâtiment de 2 étages avec armature en acier.
- $42500m^2$ dont $8100m^2$ pour l'équipement.
- 56600 serveurs 1u à environ 325 Watts (18.4MW).
- Environ 3000 chassis de 20 serveurs.
- Environ 2 à $3m^2$ et 3 à 10 kW par chassis.
- Refroidissement à air (17500 kW).
- UPS pour quelques minutes.
- Génératrices 46000 kVA avec redondance.
- Eclairage e cace avec détecteurs de mouvement.



Calcul de l'impact

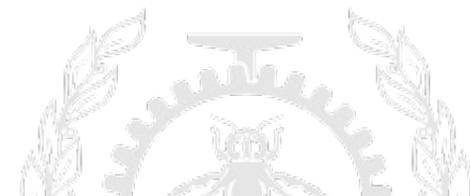
- Fabrication et transport des matériaux utilisés (acier, béton, infrastructure électrique...), données typiques utilisées.
- Construction sur le site, impact négligeable.
- Acquisition des équipements informatiques et de réseautique avec un plan de renouvellement (e.g., aux 3 ans), données typiques utilisées.
- Opération pendant la vie utile du centre, principalement l'électricité dont l'impact dépend de la source (le Royaume-Uni utilisait beaucoup de charbon et maintenant du gas naturel).
- Démolition sur le site, négligeable.
- Recyclage des matériaux et équipements, données typiques utilisées.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-014-0838-7>



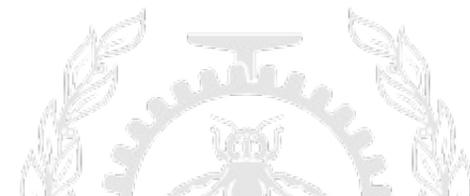
Consommation électrique

Catégorie	Puissance
Serveurs	9000 kW
Stockage	2600 kW
Réseau	1300 kW
Eclairage	16.8 kW
UPS (pertes)	1096 kW
Distribution (pertes)	258 kW
Ventilateurs	722 kW
Refroidisseurs	51.6 kW
Humidificateurs	12.9 kW
Pompes	12.9 kW

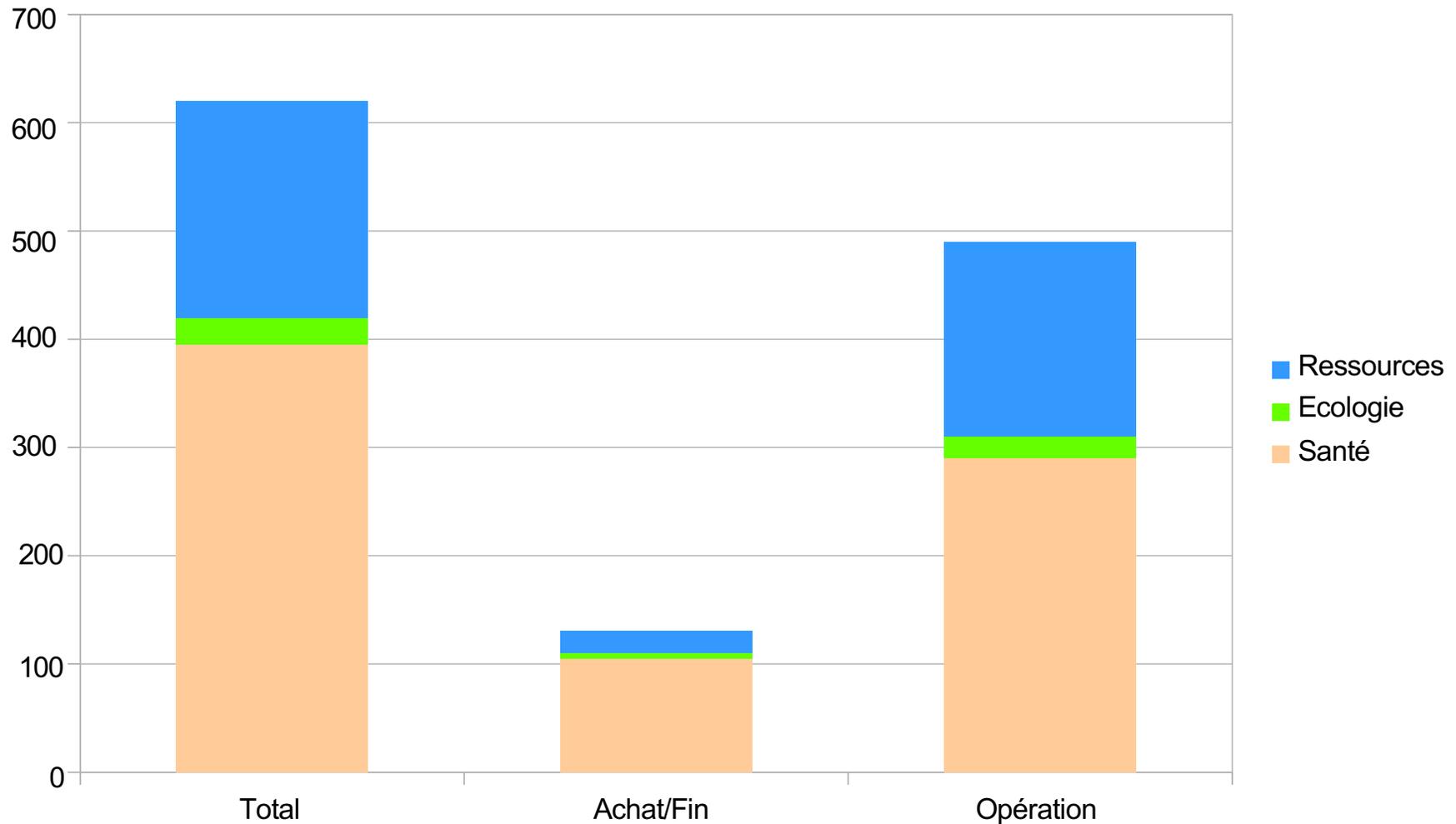


Destination des matériaux en fin de vie

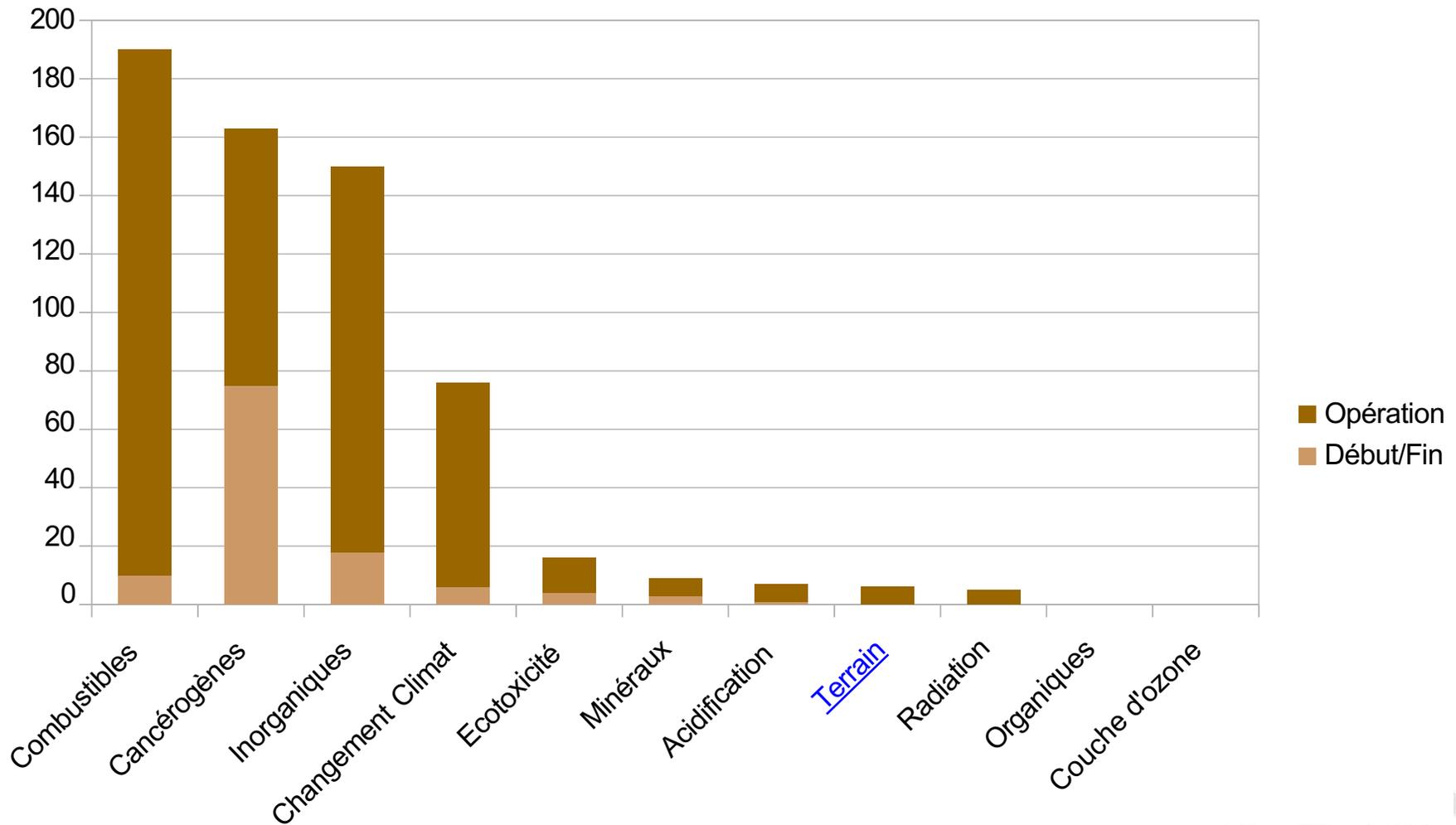
Matériau	Enfoui	Recyclé
Asphalte	39%	61%
Terre	53%	47%
Mélange	73%	27%
Bois	20%	80%
Métal	30%	70%
Plastique	36%	64%
Gypse	40%	60%
Isolant	90%	10%
Liquide	2%	98%
Acier	1%	99%
Acier galvanisé	15%	85%
Acier renforcé	8%	92%



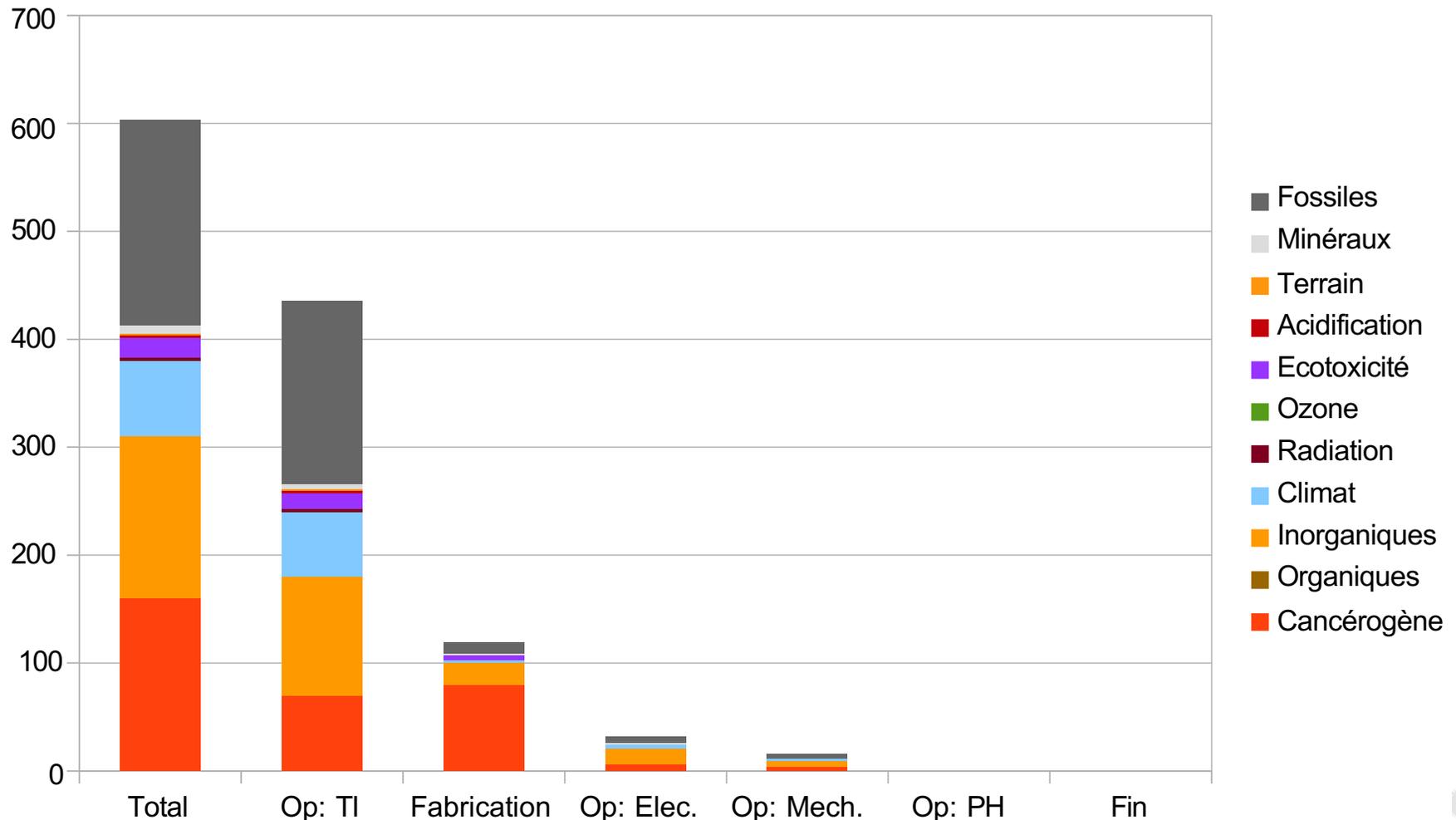
Cycle de vie du centre de données



Cycle de vie du centre de données

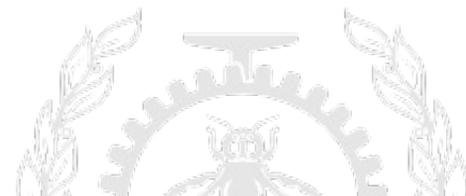


Cycle de vie du centre de données



Principaux impacts

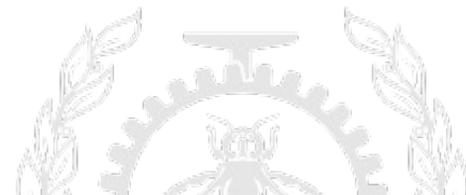
- Utilisation du gas pour produire l'électricité pendant l'opération.
- Utilisation de l'acide sulphurique pour le raffinage du cuivre et de l'or utilisés pour fabriquer les équipements.
- Impact sur la santé dû aux produits cancérogènes comme l'arsenic et le cadmium et aux émissions de gas carbonique et oxyde d'azote pour la fabrication des équipements.
- Impact sur l'écologie dû au gas brulé pour l'électricité et au rejet de l'acide sulphurique pour le raffinage.



La notion de développement durable - Ex. 11.1

Qu'est-ce que la notion de développement durable ajoute à l'économie traditionnelle?

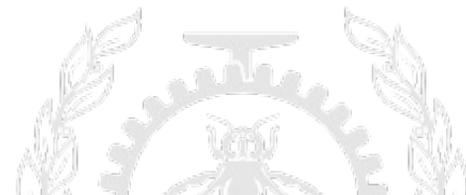
L'économie traditionnelle regarde les coûts monétaires associés à un projet et permet, par exemple, de calculer quel scénario serait le plus rentable de ce point de vue. Le développement durable répond aux besoins présents sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins. Ceci ajoute à l'approche traditionnelle tout le calcul de l'impact sur l'environnement : la santé humaine, l'écologie, les changements climatiques et l'épuisement des ressources.



Les lois applicables- Ex. 11.2

Quels sont les lois et codes applicables relatifs au développement durable pour un ingénieur au Québec?

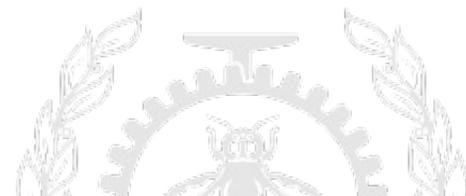
Le gouvernement fédéral et le gouvernement du Québec ont chacun une loi sur le développement durable. De plus, le code de déontologie de l'Ordre des Ingénieurs du Québec contient un paragraphe qui parle des obligations de l'ingénieur quant à préserver l'environnement et la santé. D'autres lois et principes du gouvernement du Québec touchent aussi au développement durable, comme le Bureau d'Audiences Publiques sur l'Environnement (BAPE), et les règlements sur la Responsabilité Élargie des Producteurs (REP).



Rôle de l'ingénieur Ex. 11.3

Quel est le rôle de l'ingénieur en lien avec le développement durable?

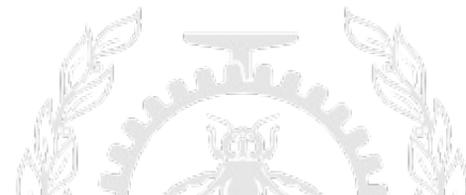
L'ingénieur est un professionnel qui développe des projets. Il doit s'assurer de tenir compte du développement durable dans la conception, la réalisation, l'opération et le démantèlement de ses projets. Ceci est mandaté autant par les lois que par son code de déontologie. Ainsi, il s'assure de respecter ses obligations et de contribuer au développement harmonieux et durable de la société.



Le cycle de vie Ex. 11.4

Qu'est-ce que l'analyse du cycle de vie?

L'analyse du cycle de vie d'un projet ou d'un produit tient compte du cycle de vie complet, de la fabrication des intrants à la disposition finale des produits en fin de vie. Ceci permet d'évaluer et de comparer deux produits ou scénarios de projets en tenant compte de tous les aspects pertinents.



La dématérialisation Ex. 11.5

On parle de dématérialisation en raison de l'informatisation. Est-ce une bonne chose? Donnez des exemples de dématérialisation et discutez de leur impact sur le développement durable ?

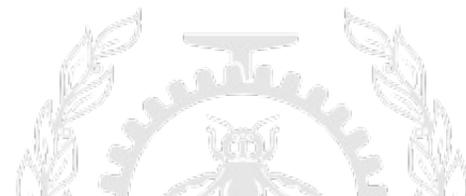
L'informatique permet de transmettre et de lire des documents sans avoir besoin d'imprimer sur papier, le fameux bureau sans papier! Ceci permet de réduire la consommation de papier (de la coupe de bois et la fabrication jusqu'à la mise aux rebuts). Ceci réduit aussi l'espace d'entreposage pour tous ces documents en papier. L'informatisation permet aussi des rencontres par vidéo-conférence plutôt que de voyager. Là encore, ceci peut économiser beaucoup de ressources (avion, auto, hôtel). Le coût pour ces solutions de remplacement est l'utilisation d'équipement électronique (ordinateurs, serveurs, réseau de communication). Toutefois, dans la mesure où presque tous avaient déjà un ordinateur avant de commencer à éliminer le papier ou faire de la vidéo-conférence, le coût de cet équipement ne peut qu'en très petite partie être attribué à la dématérialisation. Conséquemment, ceci semble largement bénéfique.



Informatisation des procédés Ex. 11.6

En quoi est-ce que l'informatisation des procédés peut être bénéfique pour le développement durable?

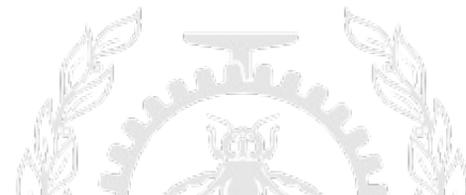
Lorsqu'un procédé est commandé par ordinateur, il y a un coût additionnel en électronique mais aussi un bénéfice au niveau de l'efficacité. Un ventilateur à vitesse variable permet d'augmenter l'efficacité énergétique d'un système de ventilation et climatisation. De la même manière, un système intelligent d'épandage d'engrais permet d'obtenir de meilleurs rendements agricoles en utilisant moins d'engrais. Heureusement, la taille (et la quantité de matière première) et le coût des modules de commande diminue sans cesse, si bien que ces systèmes sont habituellement largement bénéfiques.



Optimisation et développement durable Ex. 11.7

Donnez quelques exemples où les logiciels d'optimisation ont un impact positif sur le développement durable?

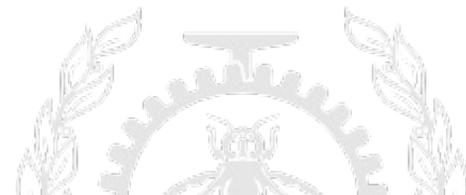
Les logiciels de conception, de simulation et d'optimisation de pièces pour les voitures et les avions permettent de produire des véhicules plus légers, plus aérodynamiques et plus efficaces, réduisant leur empreinte énergétique. Les logiciels d'optimisation du transport permettent de la même manière de transporter plus de personnes et de marchandise, plus rapidement, avec les mêmes routes et équipements, augmentant l'efficacité et réduisant les besoins en équipement et en énergie.



Les centres de données Ex. 11.8

Vous participez à la conception d'un nouveau centre de données. Quels sont en général les 2 intrants, en opération ou dans les autres phases, qui ont le plus grand impact sur les différents aspects évalués dans l'analyse du cycle de vie?

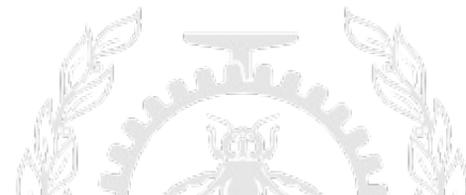
L'impact le plus important vient souvent de la consommation d'électricité, selon sa provenance. Le second impact le plus important vient de la fabrication des ordinateurs et autres appareils connexes (réseautique, alimentation de secours. . .).



Achats en ligne Ex. 11.9

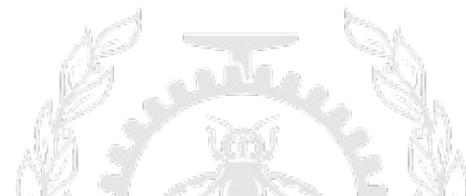
Au moment d'acheter une nouvelle pièce pour un de vos vélos, vous hésitez entre la commander en ligne et l'acheter dans un commerce. Quelle solution est la plus intéressante d'un point de vue de développement durable?

Les données fournies ne sont pas suffisantes, la solution n'est pas évidente. Par exemple, si le commerce commande la pièce chez son fournisseur, il se peut que le coût en emballage et en transport soit le même que si vous l'aviez achetée en ligne. Il faut ensuite ajouter votre déplacement jusqu'au commerce. Dans ce cas, l'achat en ligne est possiblement mieux. Par contre, si le commerce est près de votre domicile et il reçoit les pièces en grande quantité, sans beaucoup d'emballage additionnel (e.g. une boîte pour 50 unités ou des contenants réutilisables), l'achat local peut être plus intéressant.



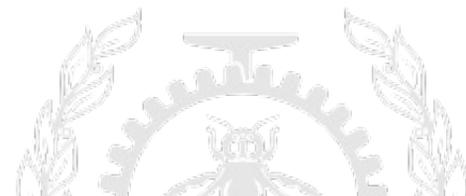
Engins de recherche Ex. 11.10

Un membre de votre entourage prétend que chaque recherche sur le Web (e.g., sur Google) consomme beaucoup d'électricité et a un impact très négatif. Vérification faite, vous trouvez que chaque recherche consomme 0.3 watt-heure et qu'un utilisateur moyen consomme 180 watts-heure par mois. Est-ce réaliste? Est-ce un coût important? Est-ce qu'il peut y avoir globalement un impact positif à ces recherches?



Engins de recherche Ex. 11.10

Ceci implique qu'un utilisateur moyen fait environ 600 recherches par mois et dépense 2kWh sur une année, soit entre 10 et 20 cents en un an selon le coût de l'électricité. Si ces recherches remplacent un déplacement à la bibliothèque, permettent de choisir un trajet plus efficace pour un déplacement, ou aident à faire un achat plus avantageux (en tenant compte du cycle de vie), ce coût peut facilement être plus que compensé.



Conclusion

- Le développement durable, basé sur une économie circulaire, ajoute une dimension fondamentale à l'économie et la planification de projet.
- Une comptabilité séparée est souvent utilisée pour les coûts directs (\$) versus les dommages (mauvais points pour la santé, l'écologie, le climat et les ressources).
- Les coûts réels des dommages sont souvent astronomiques et difficiles à estimer.
- L'impact de l'électricité utilisée pendant l'opération varie beaucoup selon sa source.
- Des panneaux solaires diminuent considérablement l'impact en opération mais augmentent beaucoup celui de la fabrication.
- L'indiscipline au niveau mondial rend le problème très difficile: pas dans ma cour, laissons les autres faire des efforts, après moi le déluge.

