L'Analyse de Cycle de Vie et les TIC: principes, enjeux et étude de cas

Carole CHARBUILLET
carole.charbuillet@ensam.eu

01 Juillet 2014

EcoInfo

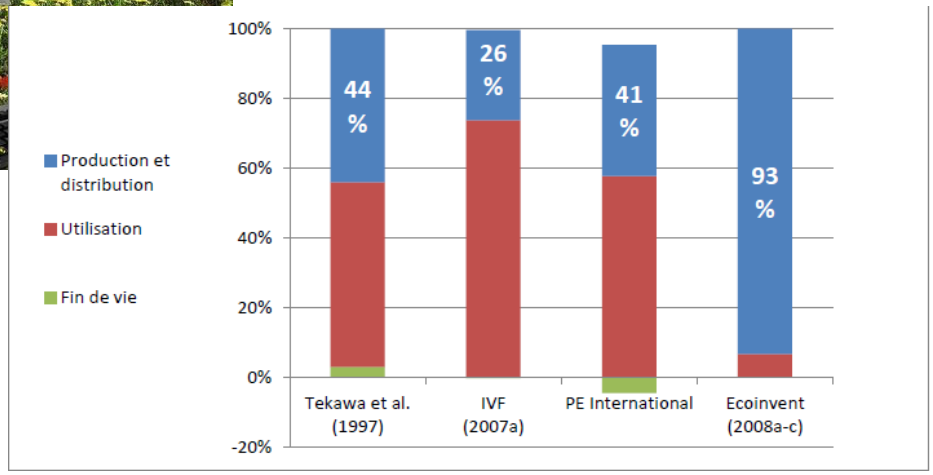
ARTS ET MÉTIERS ParisTech

Les TIC
Quels sont leurs enjeux environnementaux?

Quelle phase du cycle de vie améliorer?

Impacts environnementaux: énergie, consommation de ressources?

Pertinence des résultats?



Analyse de Cycle de vie (ACV)

→ Recommandation

→ Eco-conception

EcoInfo

ARTS ET MÉTIERS ParisTech

Organisation de la présentation

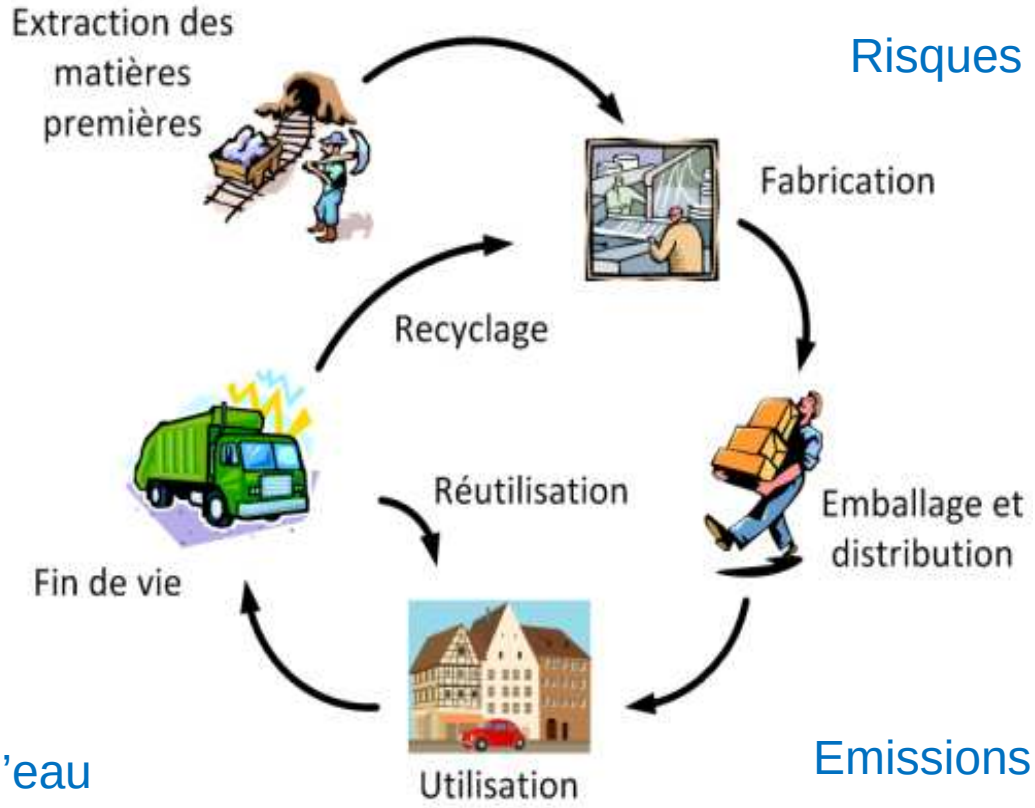
- L'Analyse de Cycle de Vie: définitions et principales étapes
- Etude de cas bibliographique: l'ACV d'un datacentre
- Enjeux de l'ACV pour les TIC

ACV: approche multi-étapes et multi-critères

- Prise en compte de toutes les étapes du cycle de vie et de tous les impacts environnementaux

Consommation des ressources naturelles

La pensée cycle de vie



Risques toxiques

Emissions dans l'eau

Emissions dans l'air

(Gagnon, 2008)

ACV: approche multi-critères

Consommation d'énergie primaire: consommation des ressources naturelles énergétiques

Changement climatique: émissions de gaz à effet de serre

Destruction de la couche d'ozone: dommages effectués à la couche d'ozone

Toxicité humaine: émissions dans l'air, l'eau, et le sol de substances toxiques présentant un risque potentiel pour l'homme

Ecotoxicité aquatique: émissions dans l'air, l'eau, et le sol de substances toxiques présentant un risque potentiel pour la faune et la flore aquatique

Eutrophisation des eaux: diminution de ka faune et la flore aquatique due à la formation excessive d'algues consommatrices d'O_2 favorisée par une concentration excessive de nutriments

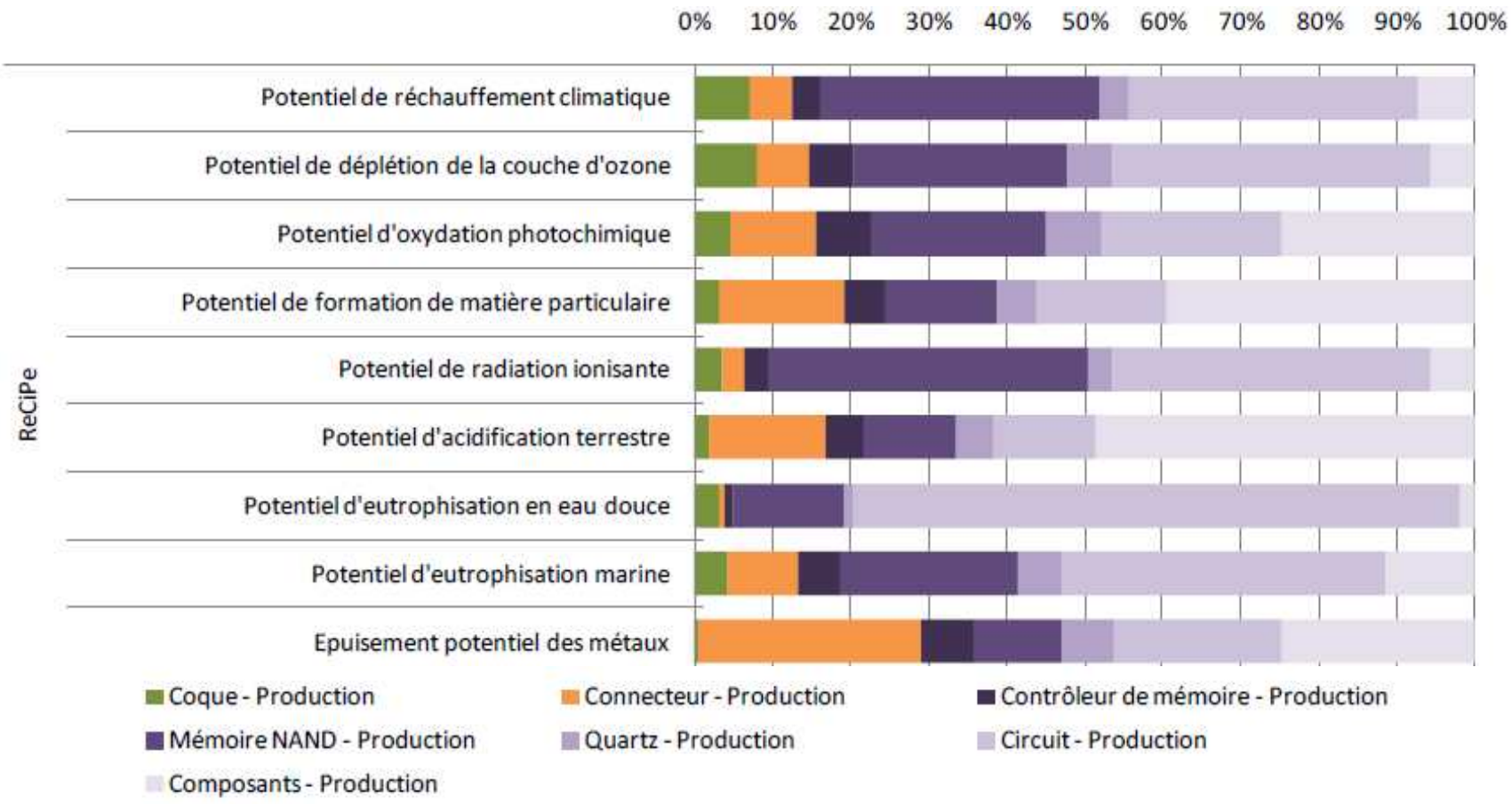
Consommation d'eau: consommation d'eau tout au long du cycle de vie

Production de déchets: production de déchets directement liée au cycle de vie

ACV: approche multi-critères

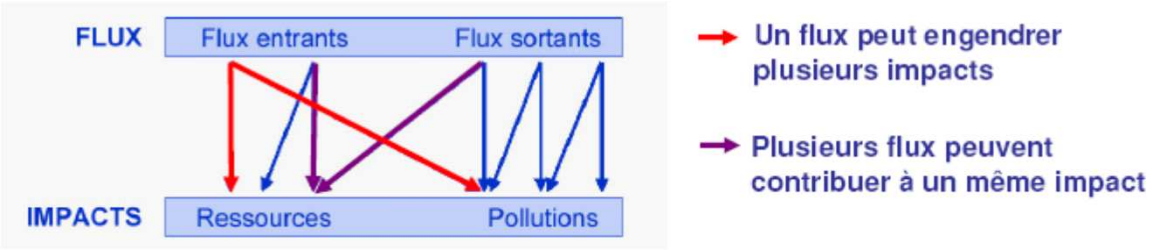
Quantification des impacts environnementaux

- ACV d'un clé USB- Extrait de l'étude ADEME-BIOIS sur l'analyse comparée des impacts environnementaux de la communication par voie électronique (Juillet 2011)



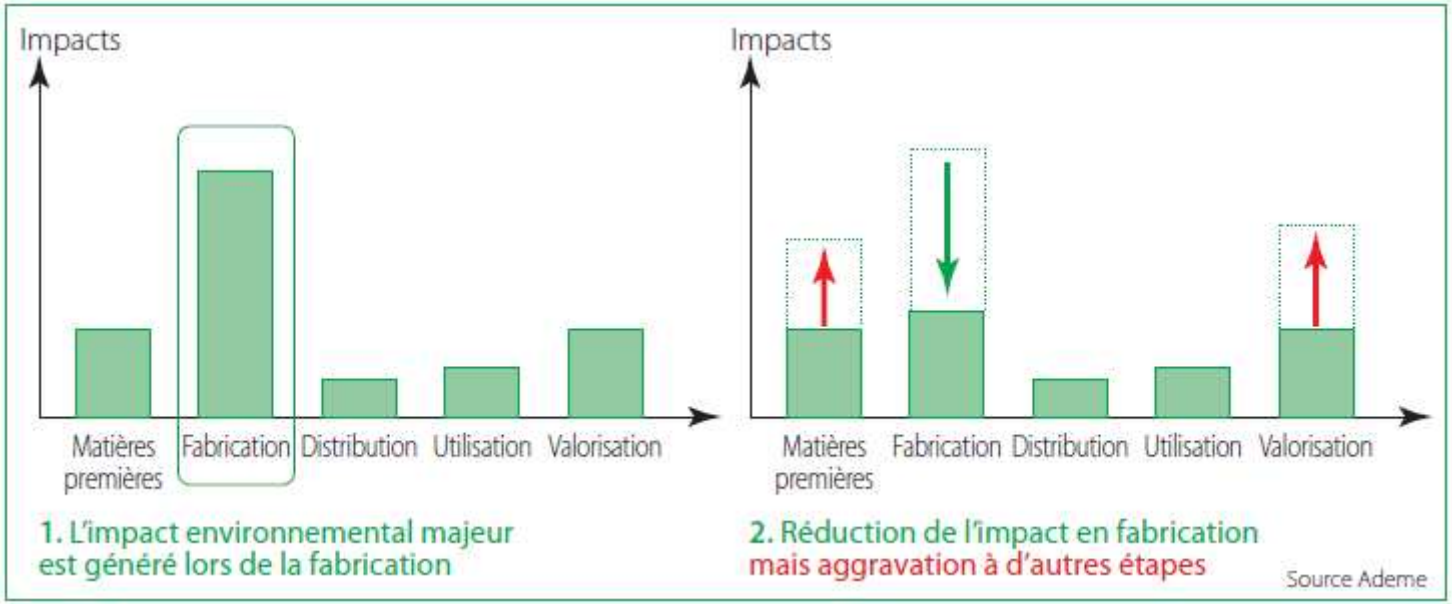
Une démarche multi-étapes pour…

- Prendre en compte toutes les étapes du cycle de vie et tous les impacts environnementaux



Source : ADEME 2001

- Éviter les transferts de pollution



Une démarche multi-critères pour éviter…

Emissions de CO_2 (en g/kWh)	
Charbon	264 à 355
Fuel	209 à 246
Gaz naturel	120 à 188
Solaire PhV	27 à 76
Hydraulique	6 à 65
Biomasse	6 à 17
Eolien	(à terre) 8 à 13
Nucléaire	**2,5 à 5,7**

Référence Spadaro et al. AIEA Bulletin, vol 42, Vienne

Pourquoi faire une ACV?

	Stratégie	Eco-conception	Communication Marketing
INTERNE	• Identification des enjeux pour l'entreprise • Anticipation de la réglementation	• Bilan environnemental d'un système • Amélioration d'un système • Eco-innovation • Optimisation de processus industriel	• Comparaison de systèmes • Positionnement concurrentiel • Adhésion à un éco-label
EXTERNE	• Lobbying • Actions de normalisation	• Spécifications d'achats responsables	• Déclaration environnementale produit • Sensibilisation des clients

La méthodologie d'ACV : le cadre normatif

Normes de la série ISO 14000 relative à l'approche produit du management environnemental

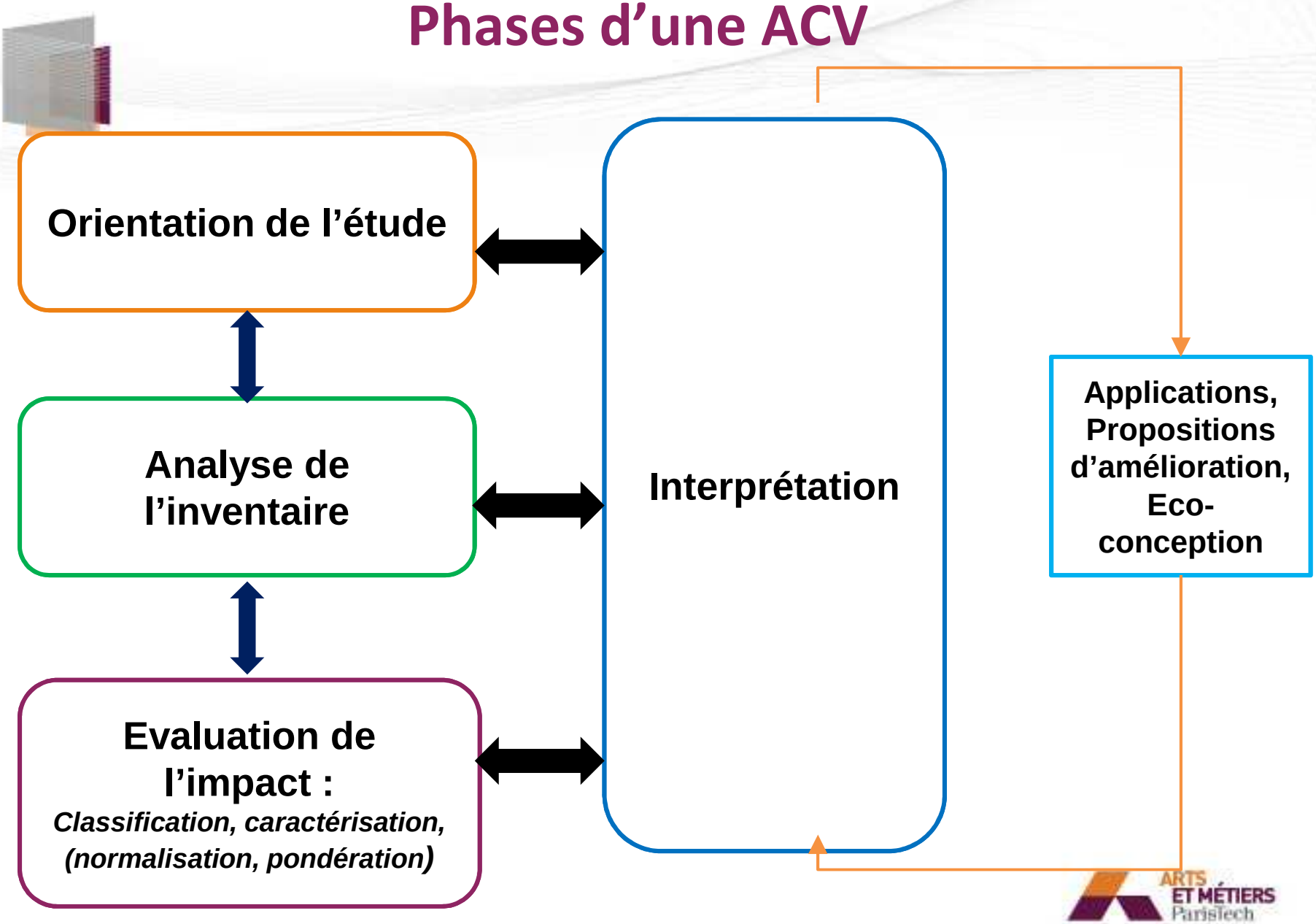
- Normes ISO 14040 et ISO 14044

- ACV (ISO 14040)
  - « *Compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie.* »

- « *Le but d'une Analyse du Cycle de Vie est de lister et d'évaluer les conséquences environnementales de différentes options permettant de remplir une certaine fonction*. »

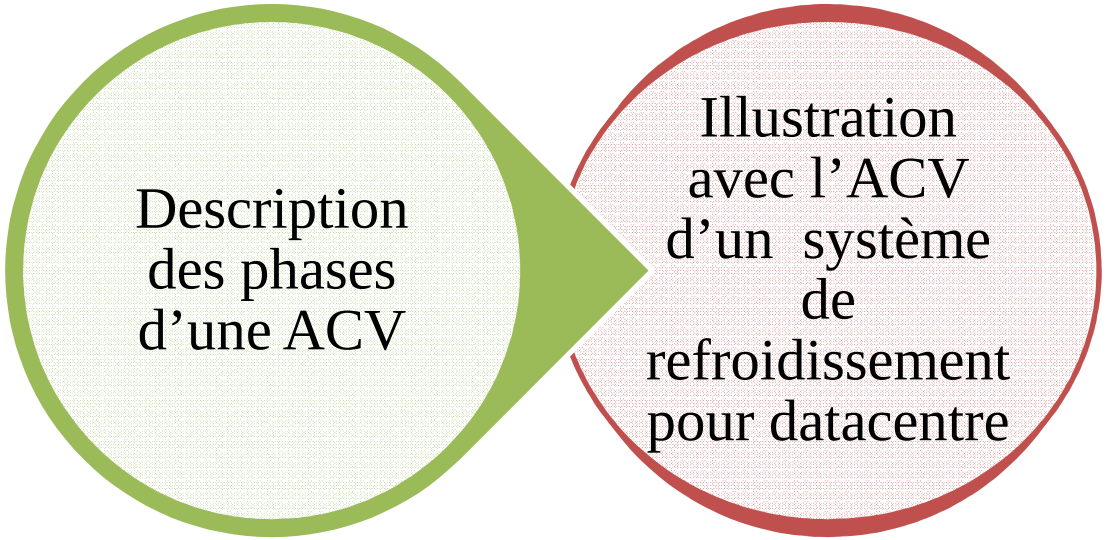
(Guinée et al., 2002)

Phases d'une ACV



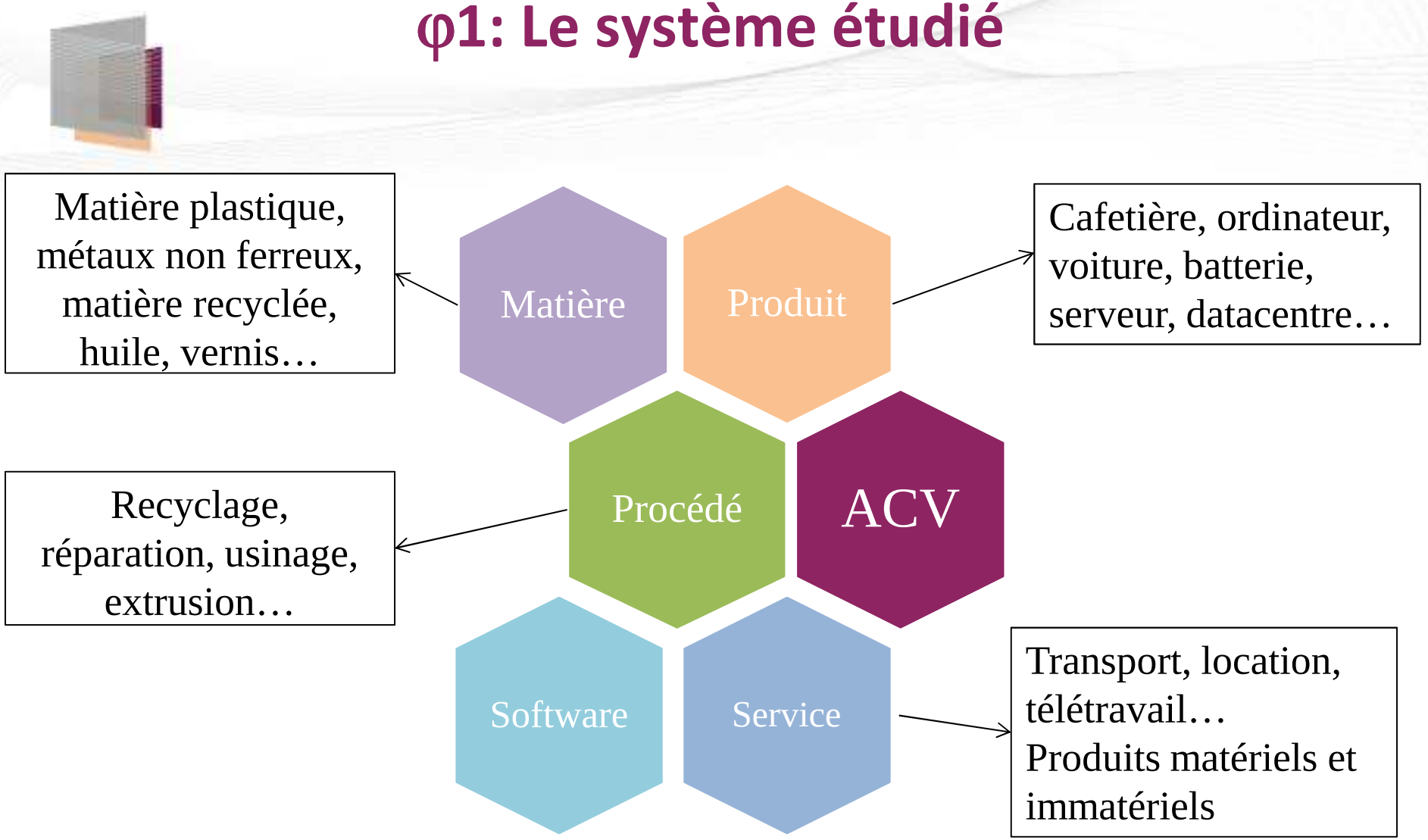
(Norme ISO 14040)

Phases d'une ACV

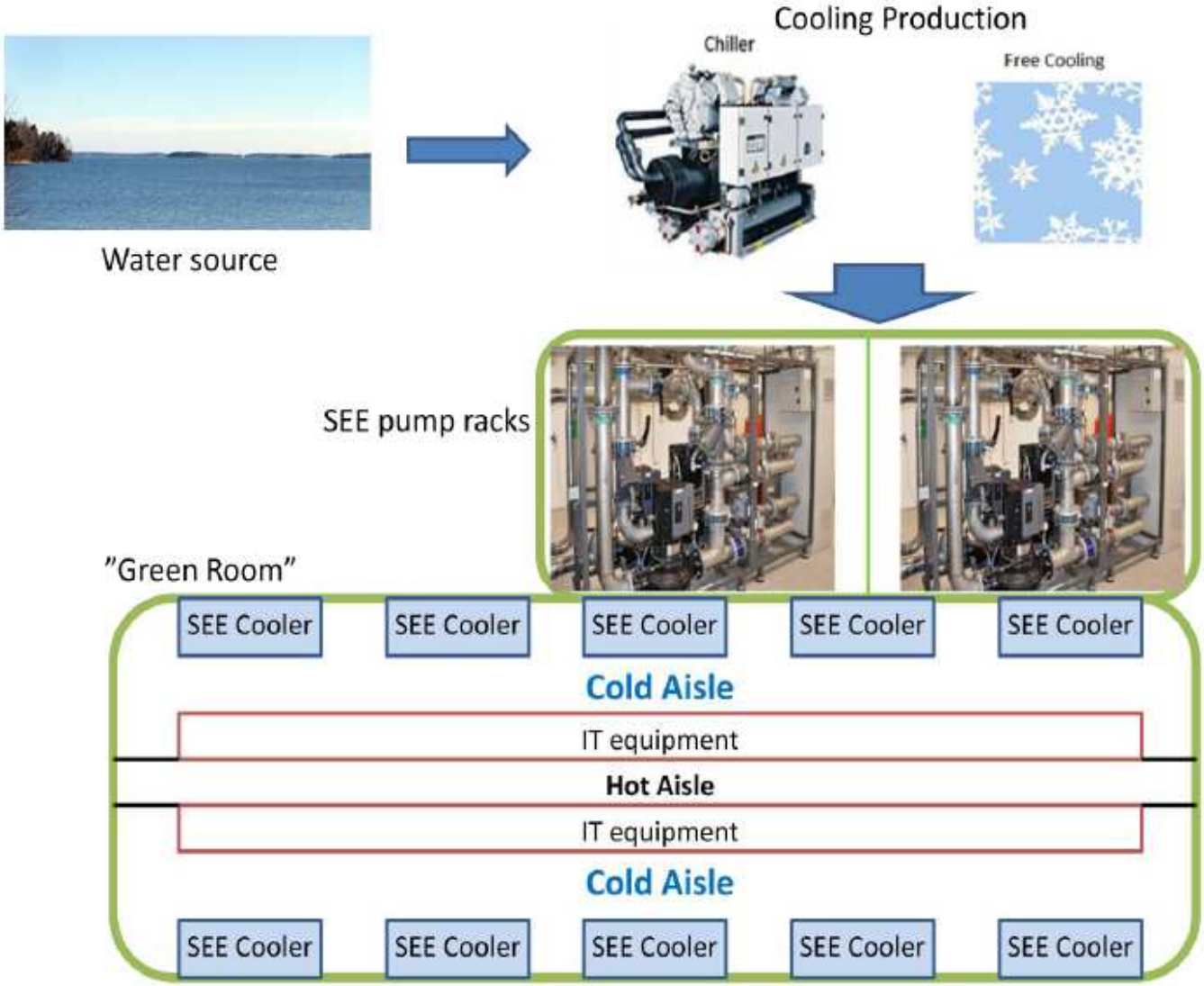


Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

φ1: Le système étudié



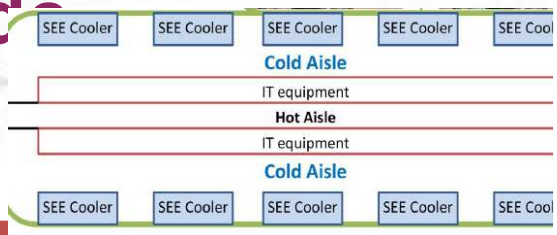
φ1: Le système étudié



- Système de refroidissement d'un datacentre

Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

φ1: Les objectifs de l'étude



Application	Communication	Répondre à une réglementation	Eco-conception
Raison	Affichage environnemental	Non-conformité	Garder ou augmenter ses parts de marché
Public	Grand public, concurrents	Producteur	Public interne (bureaux d'étude, service achats…)
Résultat	Publication ACV comparative ou non	Publication d'une ACV non comparative	Non publication d'une ACV comparative ou non

Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

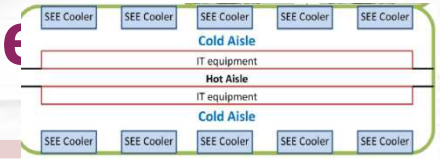
φ1 : Les frontières du système étudié

Les frontières

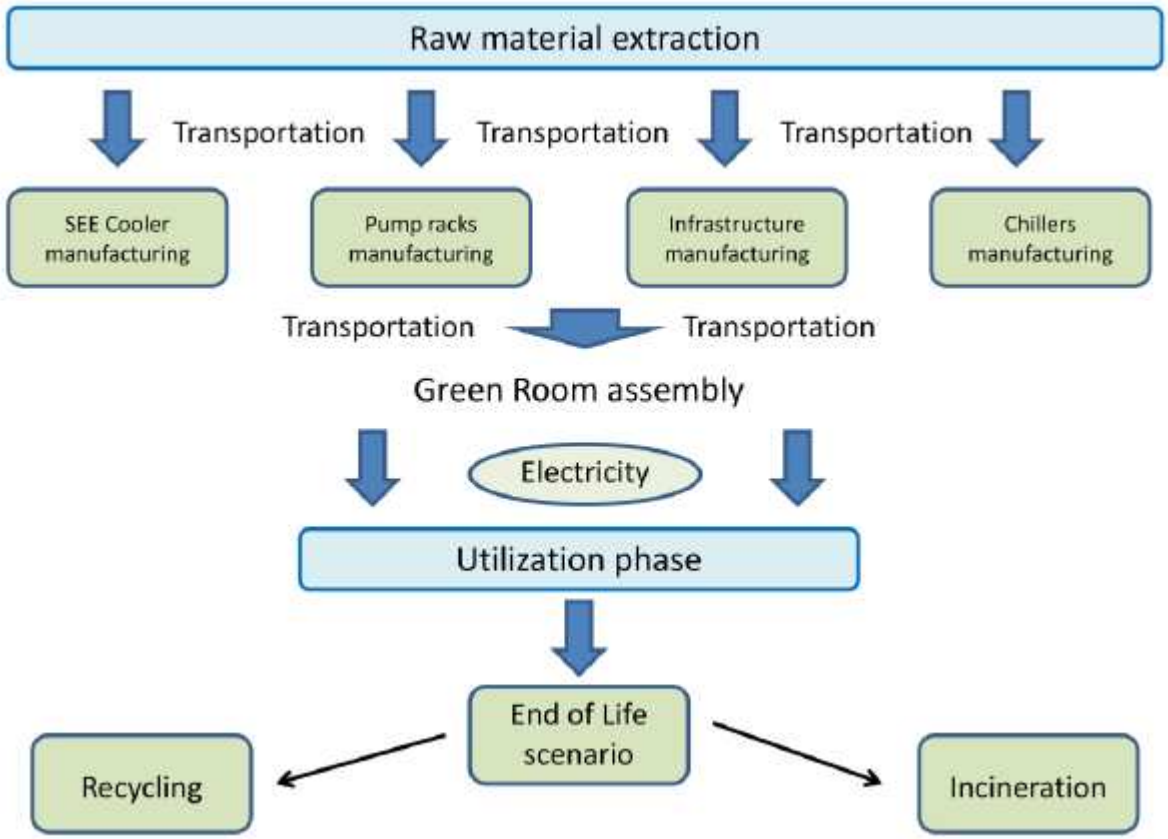
- =F(objectifs, application, public concerné, champ de l'étude, hypothèses, contraintes de données et de coûts).
- Définition des processus élémentaires à inclure dans le système.
- Prise en compte des différentes étapes du cycle de vie avec leurs processus et flux

- Les frontières du système :
  - Prise en compte des transports?
  - Prise en compte des emballages?
  - Prise en compte des machines de production?

φ1: Les frontières du système



Extraction et transformation | Fabrication et Assemblage | Emballage et distribution | Utilisation | Fin de vie



Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

φ1: L'Unité fonctionnelle

- L'Unité Fonctionnelle (UF) :
  - Quantifie la fonction du système de produits étudié,
  - Fournit une référence à laquelle les intrants et les extrants sont liés,
  - Assure la comparabilité des résultats d'une analyse du cycle de vie.

- La quantité de produit nécessaire pour remplir la fonction est le **Flux de Référence**.

φ1: L'Unité Fonctionnelle

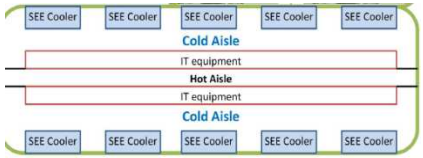
Verbe d'action + niveau de performance + conditions d'utilisation et/ou satisfaction de fonctions secondaires

Utiliser un ordinateur Pentium IV 1.7 GHz, 128MB RAM, 6 heures par jour et 4 h en mode veille par jour pendant 4 ans

Faire fonctionner un Ecran plasma de 42 pouces (107 cm) 4h par jour Pendant 6 ans

Trouver une adresse internet

- UF système de refroidissement



« Dissiper la chaleur produite par un équipement électronique à hauteur de 5kW/m² pour maintenir une température inférieure à 22℃ sur une durée de vie de 20 ans »

Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

φ2: L'inventaire du Cycle de Vie (ICV)

Quantification des entrants et sortants d'un système

Intrants

Extraction et transformation

Fabrication et assemblage

Emballage et distribution

Utilisation

Fin de vie

Extrants

Ressources utilisées

Matière première
Produit chimique
Eau
Energie (pétrole, charbon, gaz naturel…)

Matières générées

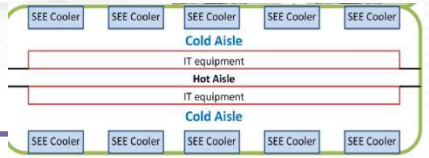
Produits
Déchets
Substances émises dans l'air, l'eau et le sol

Autres

Radiations
Chaleur
Bruit

Les entrants et les sortants sont rapportés à l'unité fonctionnelle.

φ2: L'inventaire du Cycle de Vie(ICV)



Sources des données

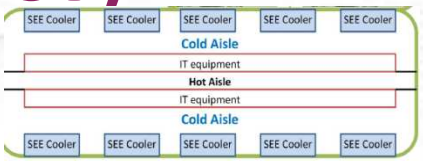
- Enquête auprès des fournisseurs
- Mesures de consommations d'énergie
- Base de données Ecoinvent

Phase de fabrication → Matériaux et procédés de la base de données Ecoinvent

Component	Weight (kg)	Contribution (%)
Steel	6391,3	53,7
Copper	2100,2	17,6
Cast iron	1251,1	10,5
Aluminum	935,9	7,9
Lead	432,0	3,6
Refrigerant (R134a)	165,0	1,4
Other materials[(a)]	636,3	5,3
TOTAL	11911,8	100%

Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

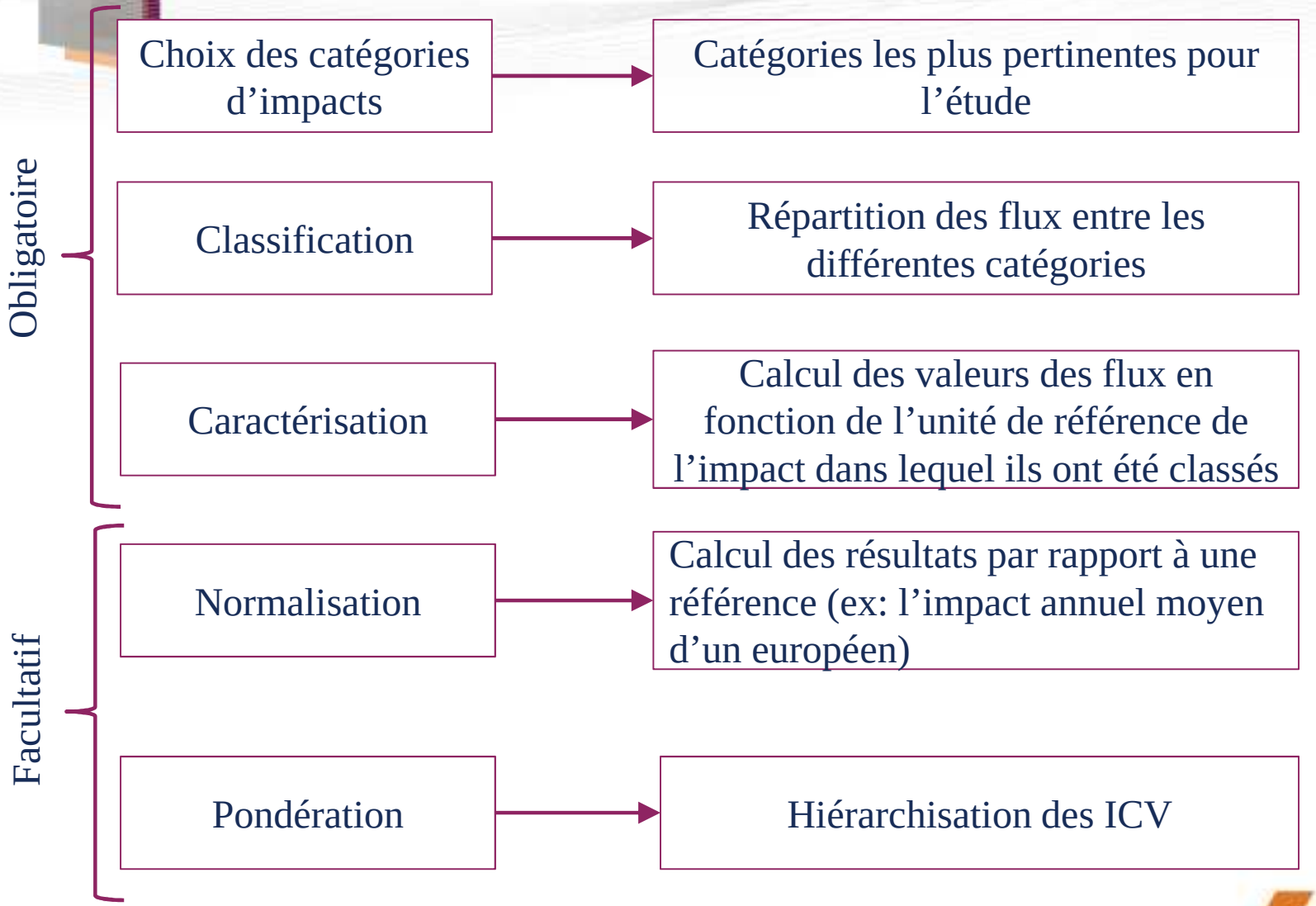
φ2: L'inventaire du Cycle de Vie(ICV)



Phase de Transport	Données fournisseurs Estimation
Phase d'utilisation	Mesure de la consommation d'énergie Calcul en mode hiver et été pour 20 ans
Fin de vie	Désassemblage Recyclage des métaux Recyclage et incinération autres matériaux (50/50)

Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

φ3: Evaluation de l'impact



φ3: Caractérisation

Catégories d'impact Midpoint

Catégorie de dommages Endpoint

Méthodes d'évaluation

- EcoIndicator 99
- CML 2001
- IMPACT 2002+
- IPCC 2007
- …

Résultats d'ICV

Bases de données

- Ecoinvent
- Idemat
- US LCI
- LCA Food
- ELCD, …

Substance*facteur de caractérisation

Toxicité humaine

Effets respiratoires

Radiations ionisantes

Destruction de la couche d'ozone

Oxydation photochimique

Écotoxicité aquatique

Écotoxicité terrestre

Acidification aquatique

Eutrophisation aquatique

Acidification/eutrophisation terrestre

Occupation des sols

Changement climatique

Énergie non renouvelable

Extraction de minerais

Santé humaine

Qualité de l'écosystème

Changement climatique

Ressources

(Adaptée de Jolliet 2010)

φ4: Interprétation

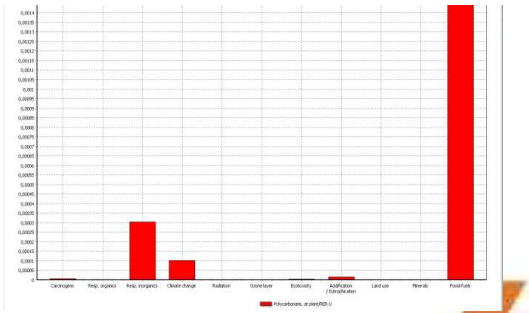
Objectifs

- Analyser les résultats de l'évaluation,
- Valider les hypothèses retenues,
- Évaluer la qualité des données (contrôle de cohérence, analyse de l'incertitude…).
- Fournir des recommandations de manière la plus transparente possible

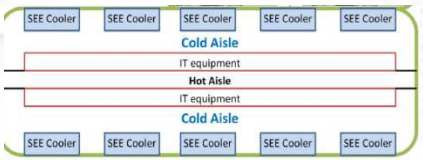
Indentification des points significatifs (matériaux, procédés, phases cycle de vie…)

Vérification hypothèses
Qualité des données

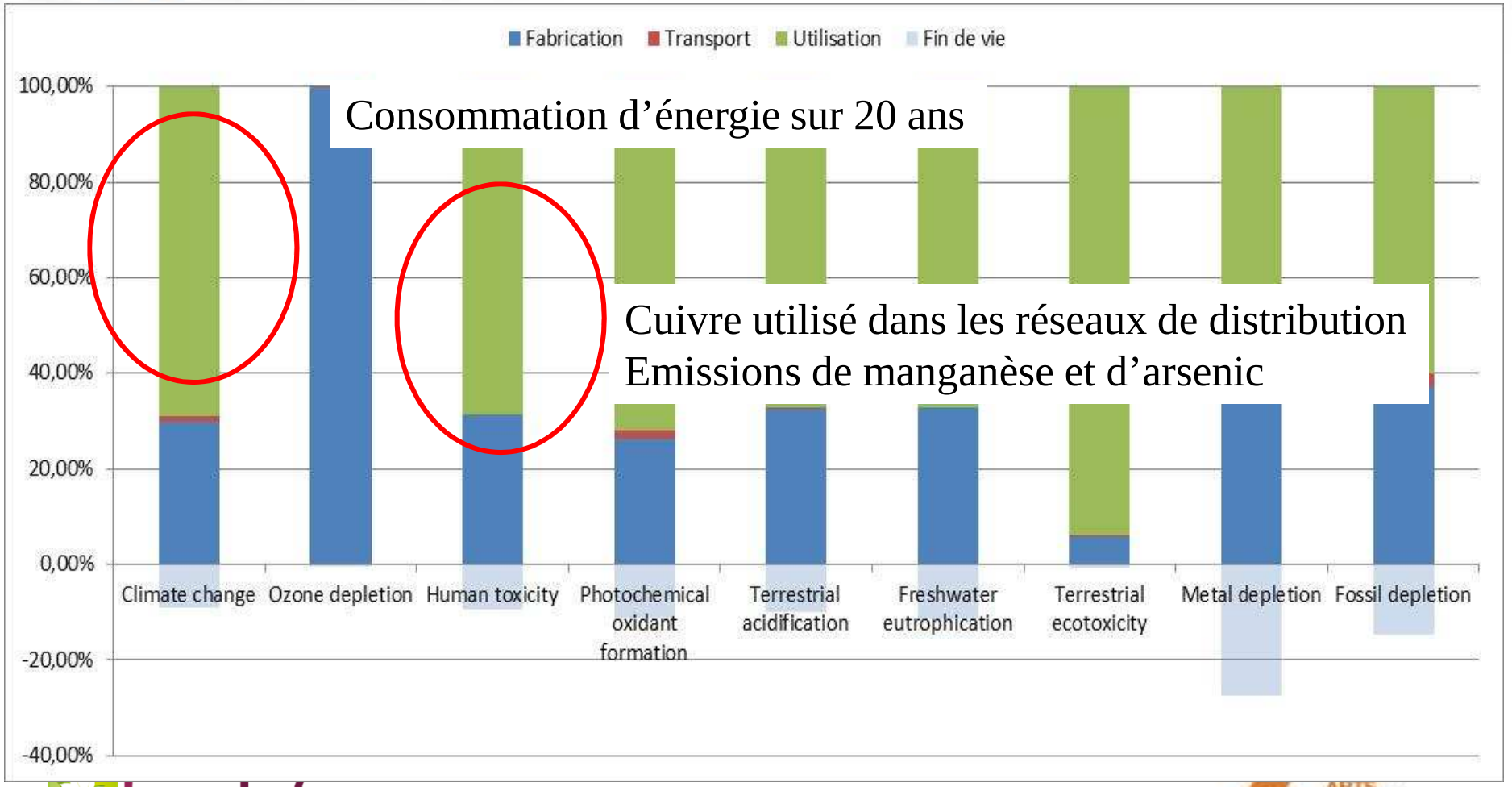
Conclusions et recommandations



φ3: Résultats d'ACV



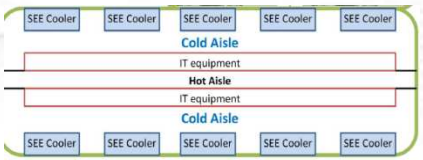
- Méthode ReCiPe

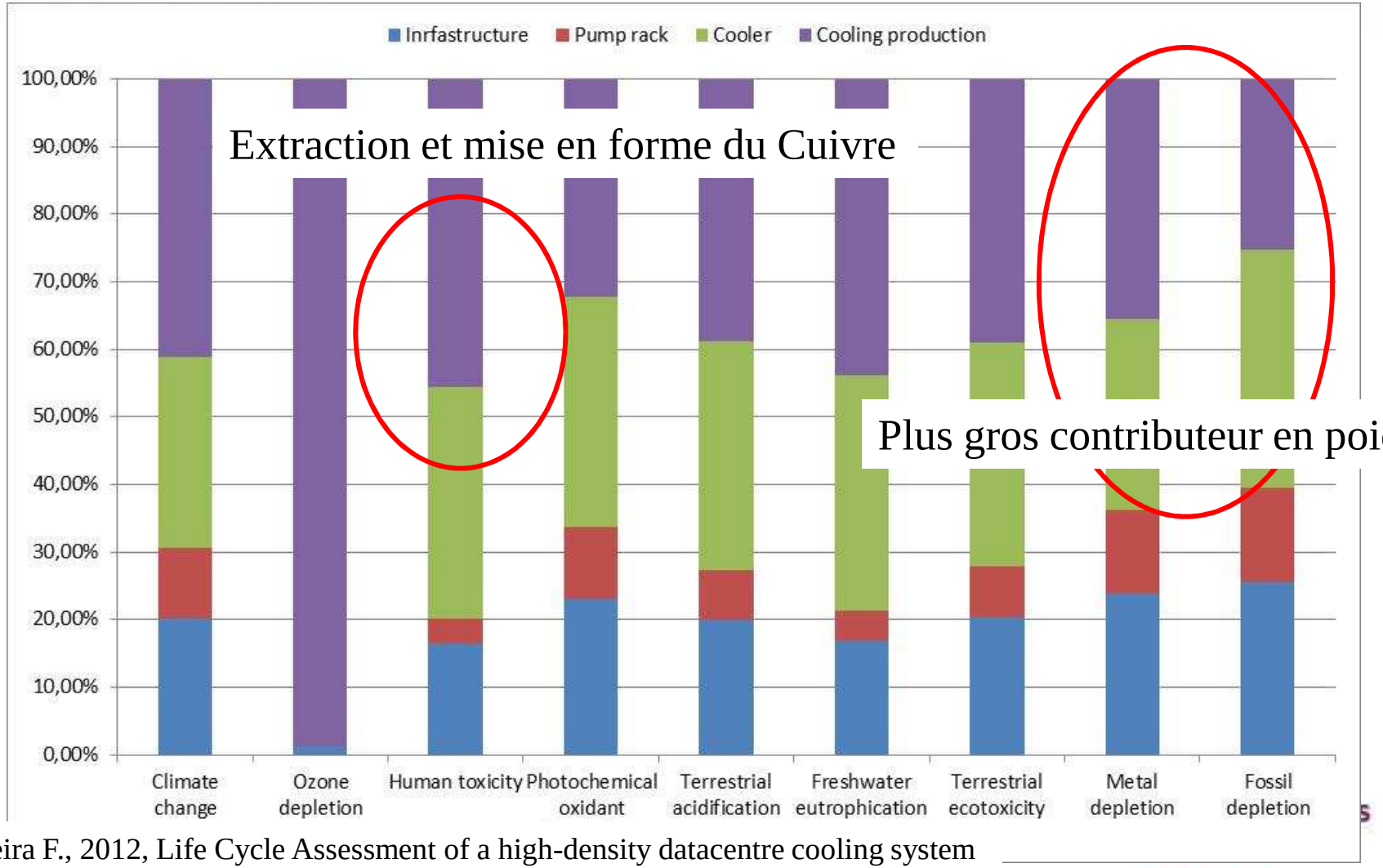


Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

φ3: Résultats d'ACV

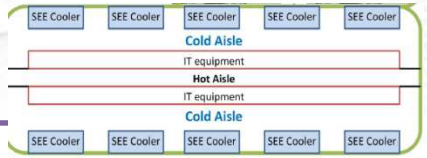
- Phase de fabrication





Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

φ4: Résultats d'ACV: interprétation



Analyse de sensibilité

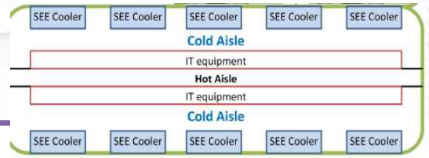
Data Modified	Overall result before data modification (Pt)	Overall result after data modification (Pt)	Variation
Electricity consumption (from renewable sources) increased by 20%	3.31E+04	3.81E+04	+15.1%
Electricity production: Swedish mix	3.31E+04	7.53E+04	+127.5%
Electricity production: European mix	3.31E+04	5.10E+05	+1440.8%
Electricity production: US mix	3.31E+04	6.52E+05	+1869.8%

Limites

- Non prise en compte de l'usage: serveurs…
- Hypothèses sur la fabrication
- Conditions de l'UF: température, durée de vie

Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

φ4: Résultats d'ACV: interprétation



Recommandations

Phase d'utilisation

- Phase optimisée par l'utilisation d'énergie renouvelable
- Refroidissement géothermique pour la période d'été

Phase de fabrication

- Substitution du cuivre par un matériau équivalent
- Utilisation d'acier inoxydable (options commerciales pour les composants des échangeurs)

Oliveira F., 2012, Life Cycle Assessment of a high-density datacentre cooling system

Résultats d'une ACV de datacentre

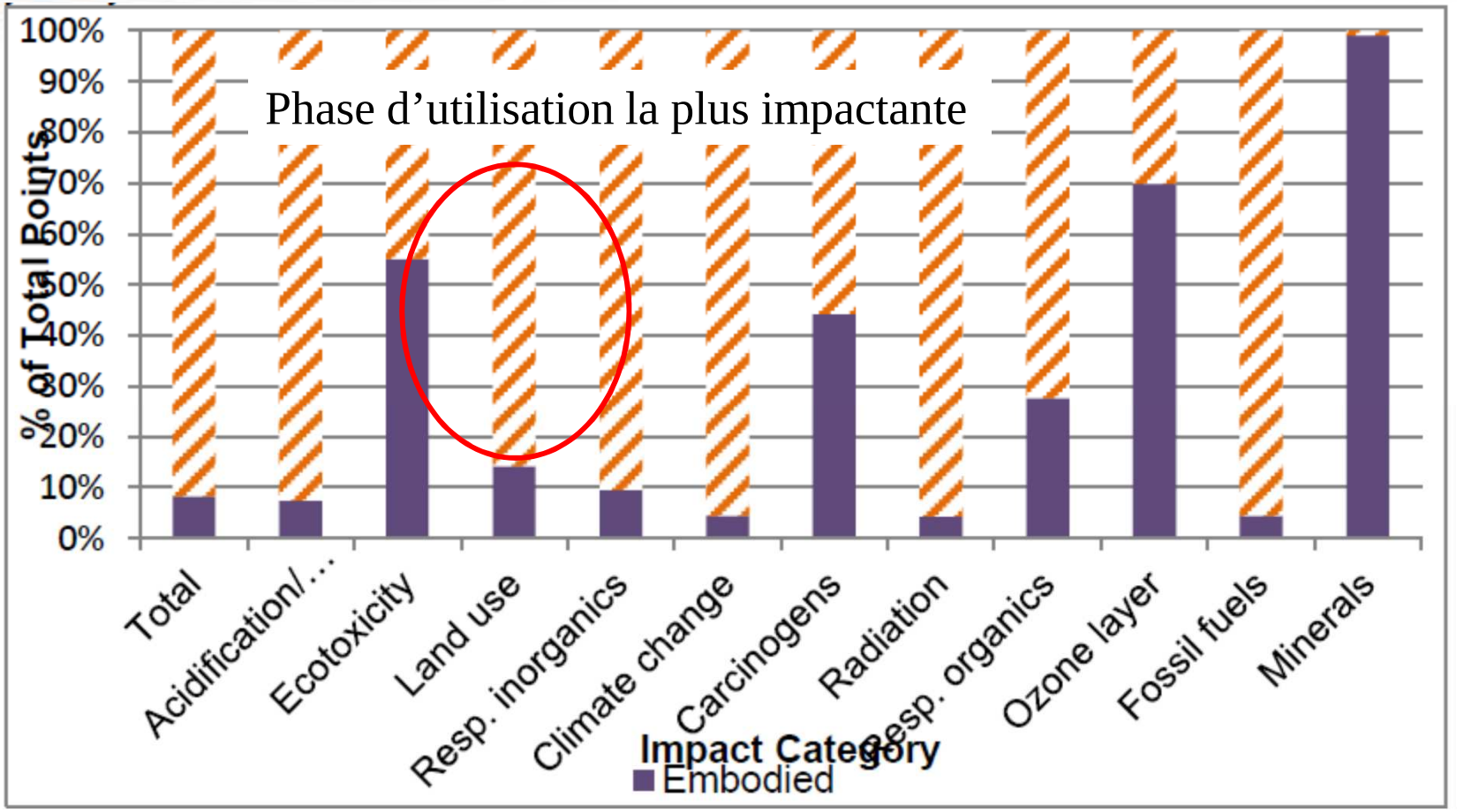
Whitehead B., 2012, The screening Life Cycle Assessment of a data centre, LCA conférence, AVNIR.

Périmètre

- Système: datacentre existant
- Objectif: connaître les impacts environnementaux et identifier les points d'amélioration
- Frontières: toutes les phases du cycle de vie
- Hypothèses de remplacement et de durée de vie: IT tous les 3 ans, batteries tous les 10 ans, infrastructures 60 ans

→ Absence d'informations sur l'unité fonctionnelle et le détail de l'ICV

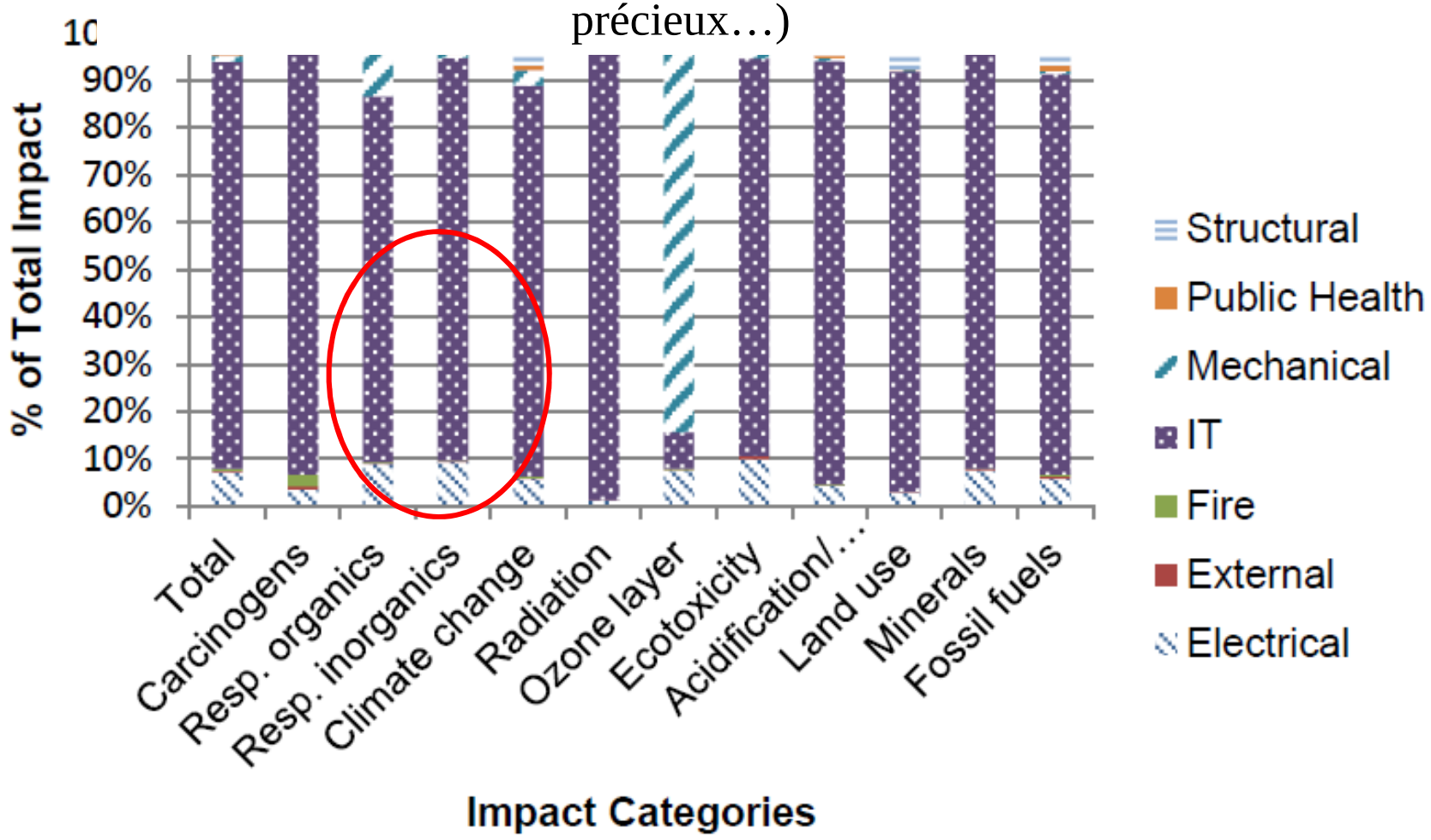
Résultats d'une ACV de datacentre



Whitehead B., 2012, The screening Life Cycle Assessment of a data centre, LCA conference, AVNIR.

Résultats d'une ACV de datacentre

Fabrication des serveurs la plus impactante (métaux rares, précieux…)



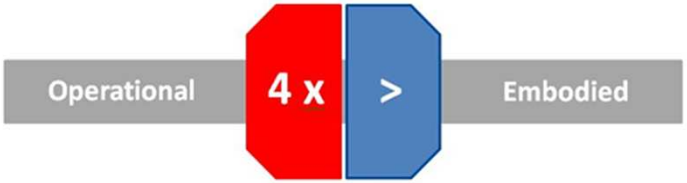
Whitehead B., 2012, The screening Life Cycle Assessment of a data centre, LCA conference, AVNIR.

Résultats d'une ACV de datacentre

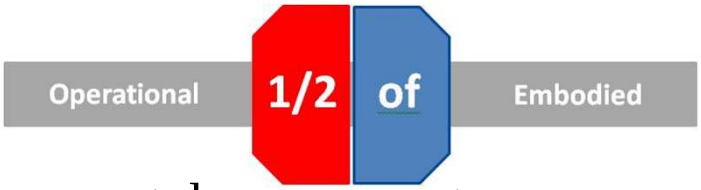
Analyse de sensibilité

- Les structures des datacentres sont variables: analyse de trois structures différentes

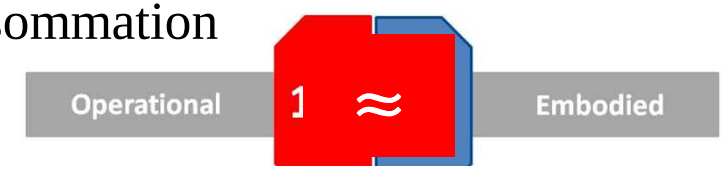
Structure 1: Free cooling datacentre en Angleterre, serveurs remplacés tous les 3 ans, utilisés à 30%



Structure 2: Free cooling datacentre en Suède, rafraichissement des serveurs tous les ans, mesures énergétiques pour optimiser la consommation



Structure 3: Free cooling datacentre en UK, rafraichissement des serveurs tous les ans, mesures énergétiques pour optimiser la consommation



Whitehead B., 2012, The screening Life Cycle Assessment of a data centre, LCA conference, AVNIR. Article, FOCUS issue 35

Conclusions des études bibliographiques

ACV permet d'optimiser le dimensionnement d'un datacentre sur tout son cycle de vie.

Les TIC n'ont pas qu'un impact énergétique mais également, par exemple, sur l'épuisement des ressources métalliques.

Les résultats varient en fonction de l'UF, du périmètre d'analyse et de la localisation géographique.

Besoin d'un cadre méthodologique adapté au datacentre pour notamment pouvoir comparer des résultats et communiquer

Un cadre méthodologique pour l'ACV des datacentres

Objectifs

- Réaliser une déclaration environnementale produit selon la norme ISO 14025
- Etablir des règles à suivre pour harmoniser les périmètres et être comparables

Datacentre life cycle assessment guidelines (2012)

Groupe de travail du Green Grid (Schneider electric, IBM, Miscrosoft, Dell…)

Un cadre méthodologique pour l'ACV des datacentres

Datacentre life cycle assessment guidelines (2012)

Les règles à suivre pour la définition du périmètre d'étude

(Extrait)

	Must Be Included in Scope of Study	Included Only if Significant Impact is Established	Included if Renewable Energy is Accounted
IT Equipment	Servers Storage equipment Network equipment (switches, routers, etc.) Racks Network cables	Keyboard, video, mouse (KVM) Monitors Workstations/laptops Printers	
Cooling System	Chillers Computer room air conditioning units (CRACs) Direct expansion air handler (DX) units Pumps Cooling towers	Heat exchange systems (e.g., equipment for using natural or industrial heat exchange) Reservoir storage for collecting rain water	

ACV et les TIC : les limites

Limites méthodologiques

- Ne permet pas de modéliser tous les critères d'aide à la décision (aspects environnementaux, économiques, sociétaux…).
- Peut manquer d'impartialité (étude orientée par les parties intéressées) : possibilité de réaliser une revue critique par une tierce partie.
- Variabilité de l'UF (durée de vie), des frontières du systèmes: il y a autant de résultats différents que de périmètres.
- L'hétérogénéité des données constituant l'ICV: origine des données, difficulté d'obtenir des données sur de nouvelles technologies

CC BY NC ND

ACV et les TIC: les limites

Limites scientifiques

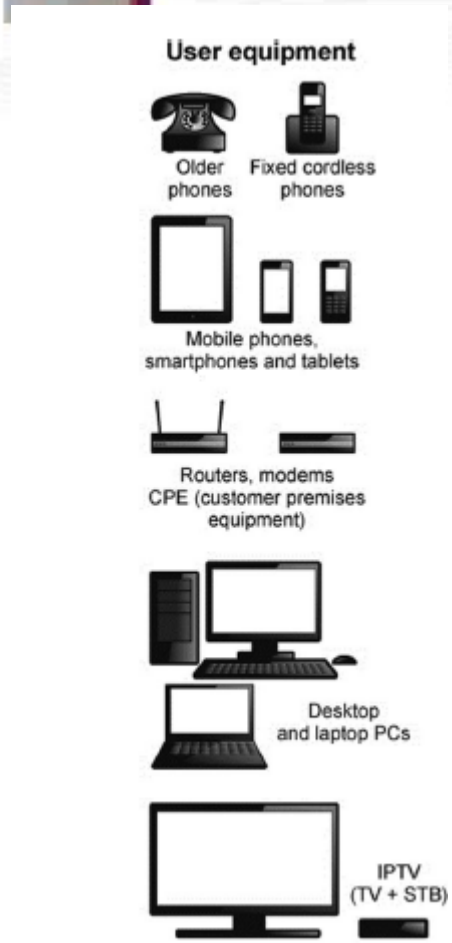
- Quels indicateurs choisir, quelle méthode d'évaluation ACV?
- Pour chaque ACV, se poser la question :
  Quels sont les indicateurs pertinents ?
  Comment les calculer pour traduire des impacts potentiels sur l'environnement ?
- Diversité des méthodes d'évaluation
- La validité scientifique peut être discutée.
- La méthode doit être actualisée (avancées scientifiques...).

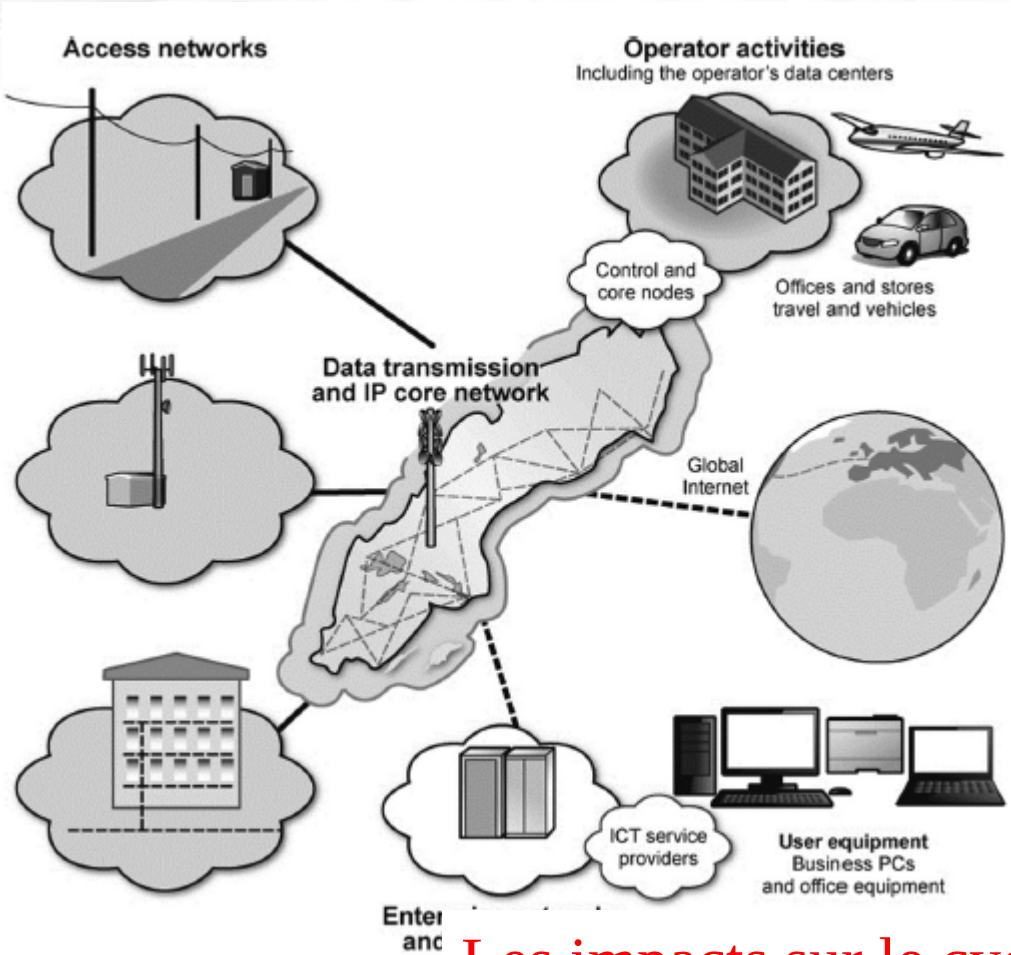
ACV et les TIC: les enjeux

Enjeux

- L'ACV est une méthode reconnue avec un cadre normatif.
- L'ACV d'un datacentre ne peut se limiter à une consommation d'énergie.
- L'ACV d'un datacentre est nécessaire à la mesure des impacts environnementaux de nombreux objets.
- L'ACV est essentiel le dans le cadre d'une communication environnementale (EPD).
- L'ACV permet de mettre en place des solutions « optimales » sur tout le cycle de vie.

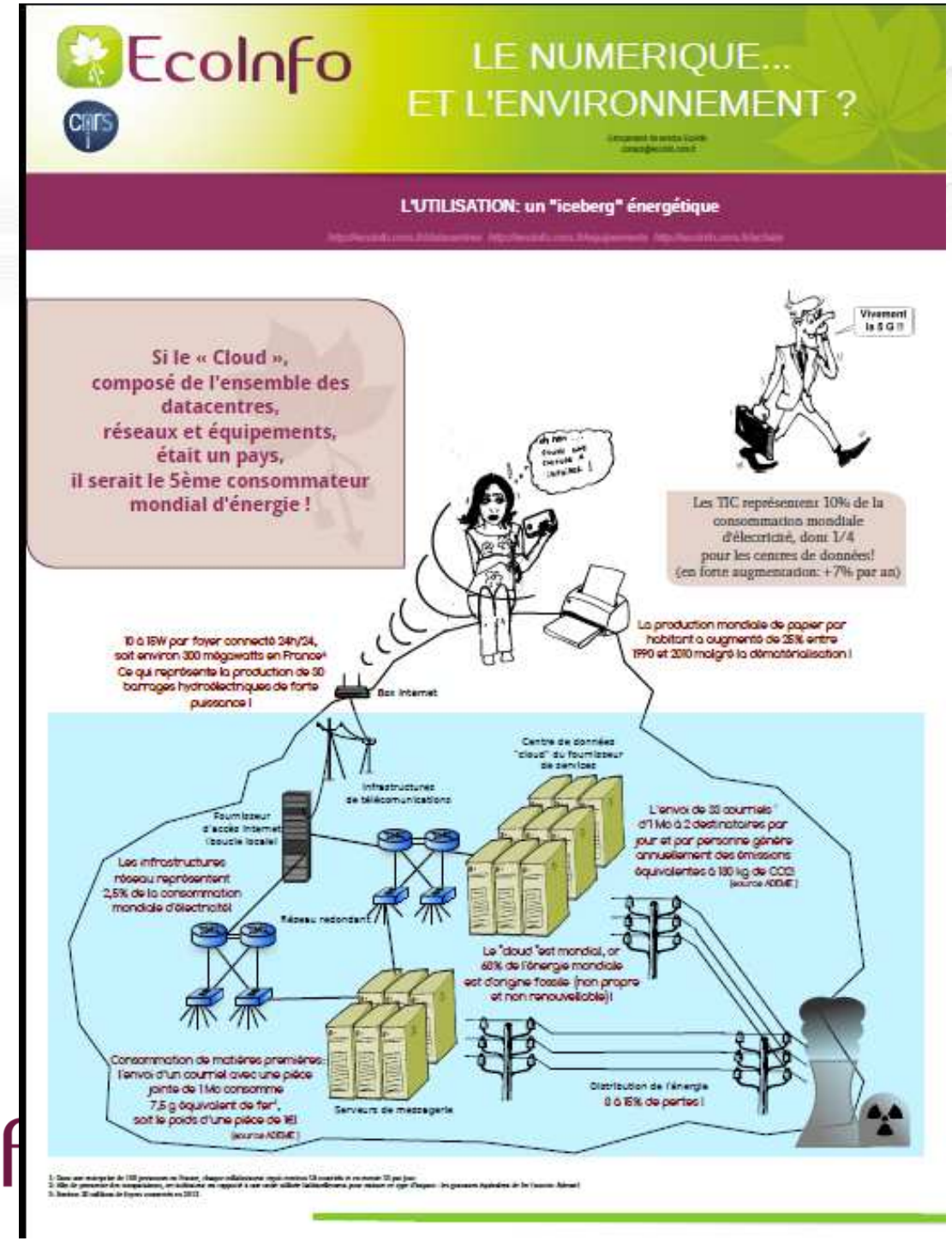
ACV et les TIC: les enjeux





Les impacts sur le cycle de vie doivent être évalués.

Malmodin J., 2014, Life Cycle Assessment of ICT, *Journal of Industrial Ecology*.


EcoInfo
LE NUMERIQUE...
ET L'ENVIRONNEMENT ?
L'UTILISATION: un "iceberg" énergétique
Si le « Cloud »,
composé de l'ensemble des
datacentres,
réseaux et équipements,
était un pays,
il serait le 5ème consommateur
mondial d'énergie !
Vivement la 5 G !!
Les TIC représentent 10% de la consommation mondiale d'électricité, dont 1/4 pour les centres de données! (en forte augmentation: +7% par an)
La production mondiale de papier par habitant a augmenté de 25% entre 1990 et 2010 malgré la dématérialisation !
10 à 15W par foyer connecté 24h/24, soit environ 300 mégawatts en France* Ce qui représente la production de 30 barrages hydroélectriques de forte puissance !
Box Internet
Centre de données "cloud" du fournisseur de services
Infrastructures de télécommunications
Fournisseur d'accès Internet (boucle locale)
Les infrastructures réseau représentent 2,5% de la consommation mondiale d'électricité!
Réseau redondant
L'envoi de 30 courriels d'1 Mo à 2 destinataires par jour et par personne génère annuellement des émissions équivalentes à 180 kg de CO2! (source ADEME)
Le "cloud "est mondial, or 68% de l'énergie mondiale est d'origine fossile (non propre et non renouvelable)!
Consommation de matières premières: l'envoi d'un courriel avec une pièce jointe de 1 Mo consomme 7,5 g équivalent de fer*, soit le poids d'une pièce de 1€! (source ADEME)
Serveurs de messagerie
Distribution de l'énergie 0 à 15% de pertes !