EcoInfo

LPMC laboratoire de physique et de modélisation des milieux condensés

Analyse de Cycle de Vie des TIC

Françoise BERTHOUD
(Francoise.Berthoud@grenoble.cnrs.fr)
Carole CHARBUILLET
(Carole.Charbuillet@ensam.eu)

cnrs

28 mai 2016 – ET E3-RSD – Dinard

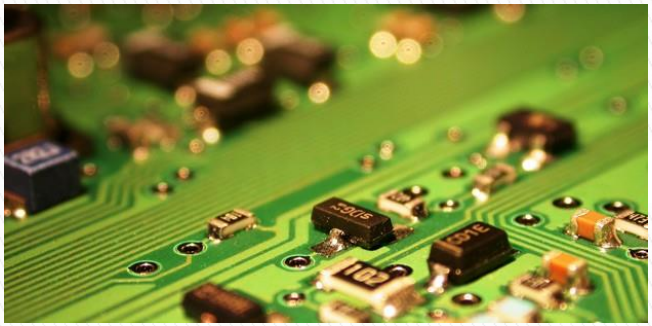
Type d'effet	TIC en tant que solution	TIC en tant que problème
Impacts de 1er ordre (directs : TIC elles-mêmes)	Utiliser directement pour mesurer/réduire IE Ex. : utilisation des serveurs de calcul pour modéliser le climat.	**Cycle de vie des TIC : Production, Utilisation, Fin de vie** Ex. : consommation de métaux précieux, pollution, énergie consommée par les serveurs, déchets électroniques
Impacts de 2ème ordre (indirects : Applications des TIC à d'autres secteurs)	**Effets d'optimisation** Ex. : utilisation de TIC pour réduire la consommation énergétique d'un véhicule **Effets de substitution** Ex : la facture électronique remplace la facture papier	**Effets induits** Ex. : achat d'imprimante lié à l'utilisation d'un ordinateur, achat d'un billet d'avion low cost via internet
Impacts de 3ème ordre (systémiques)	**Profond changement structurel vers une économie dématérialisée** Ex. : télétravail, covoiturage, e-commerce, dématérialisation, économie collaborative, etc.	**Effets rebond (liés à un gain en consommation de ressources – énergie ou matériaux)** • **directs** (on consomme plus de la même chose) Ex. : la miniaturisation des équipements électroniques permet d'en installer partout (gain en matériaux) ; les gains en efficacité énergétique dans les data centers permettent d'installer plus de serveurs • **indirects** (on consomme plus d'autre chose) Ex. : si l'hébergement de mes sites Internet me coûte moins cher, cela va me permettre d'équiper tout mon personnel en tablettes numériques. • **macroéconomiques** (changements structurels dans la société) Ex. : la baisse du prix du pétrole favorise dans l'ensemble de l'économie les secteurs les plus intenses en énergie aux dépens des secteurs qui en consomment peu. Elle peut également favoriser la croissance économique qui est elle-même gourmande en énergie.

« Utilisation des TICs » & Environnement

	Déplétion RNR	Éco-toxicité aquatique	Éco-toxicité terrestre	Toxicité humaine	Eutrophisation eaux	Acidification océans	Emission de GES	Conso d'énergie	Conso d'eau
Serv-veurs								X	
Rés-eaux								X	
Tablettes									
Smartphone									
Ordinateurs									
Télé connectée									
Objets connectés									
etc									

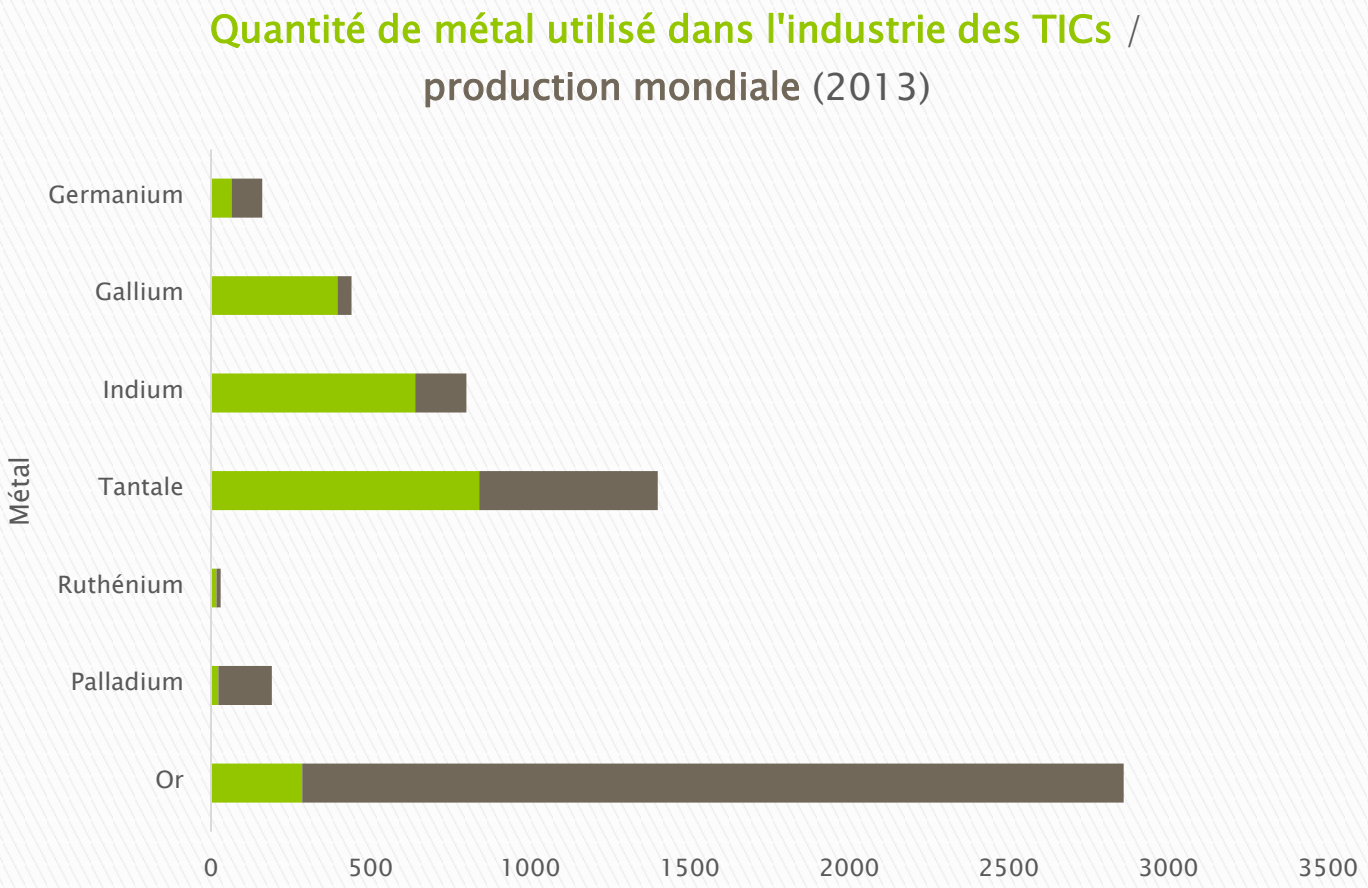
EcoInfo

- Conducteurs, contacteurs, interrupteurs
- Batteries
- Retardateur de flamme
- Soudures
- Condensateurs
- Divers (précieux)
- Optoélectronique
- Divers (autres)
- Autres



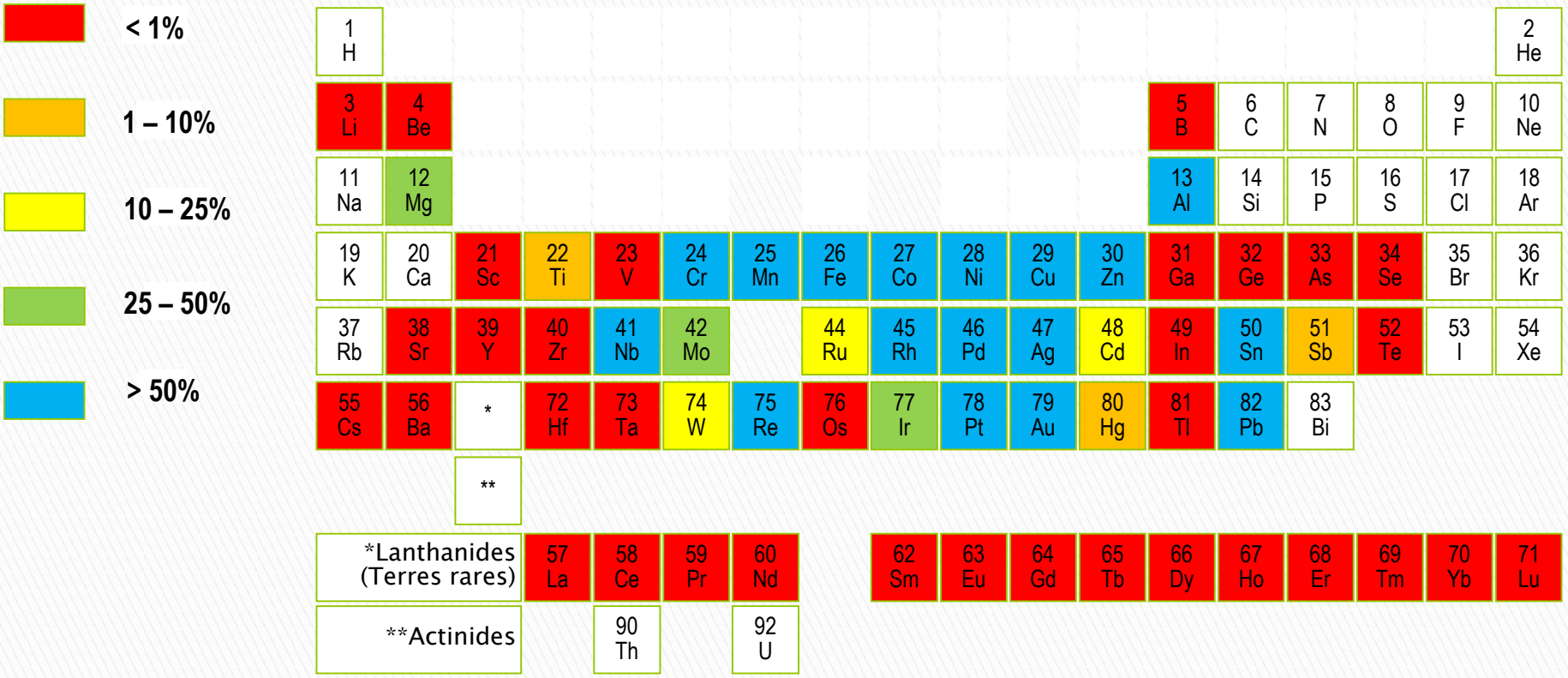
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo		44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi			
		**															
*Lanthanides (Terres rares)			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd		62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
**Actinides				90 Th		92 U											

Quelle part pour les TICs ?



EcoInfo

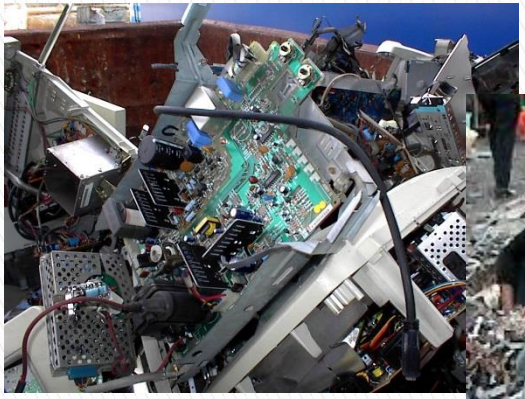
Le recyclage dans la vraie vie …



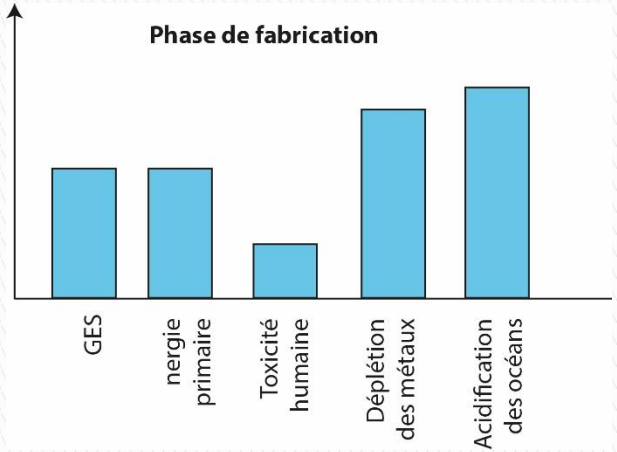
Source : UNEP / Recycling rates of metals 2011

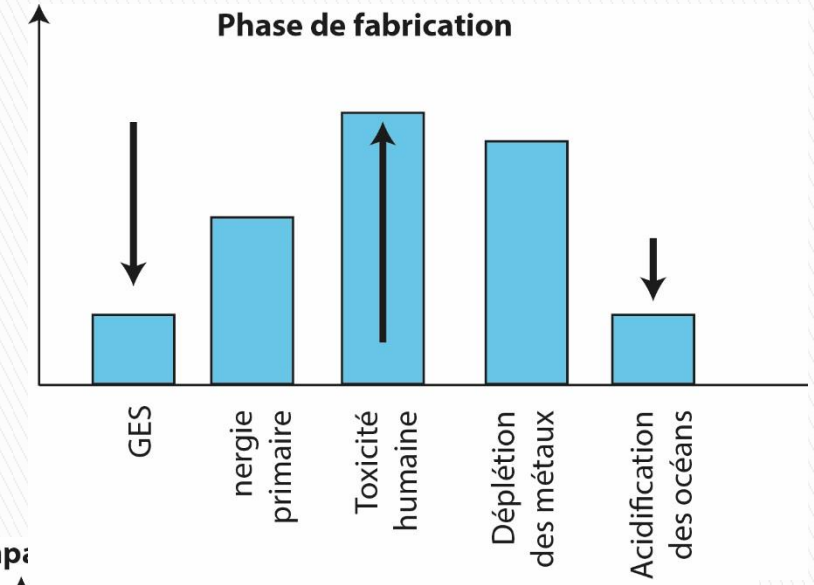
EcoInfo

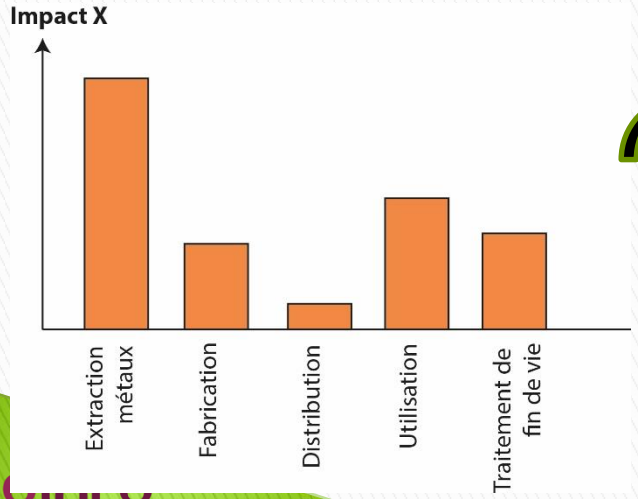
Et ...

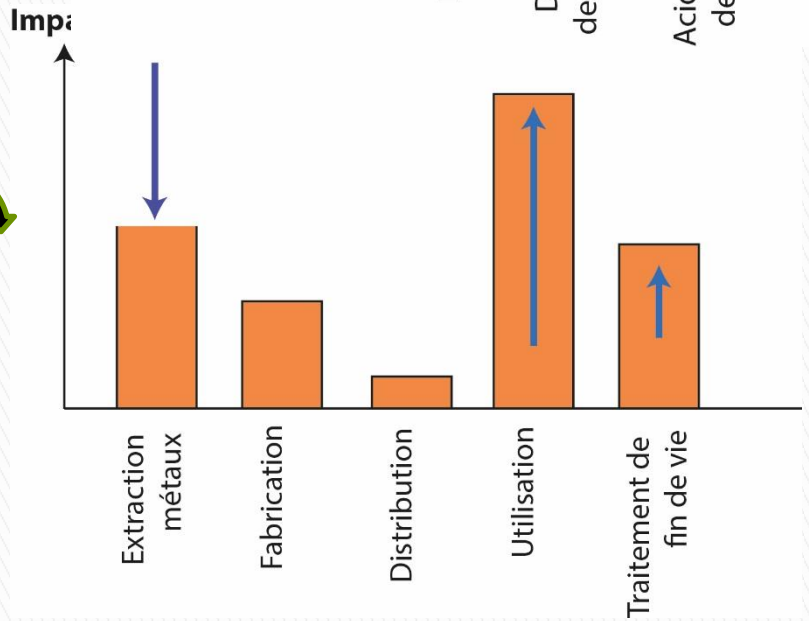


Transfert de pollution





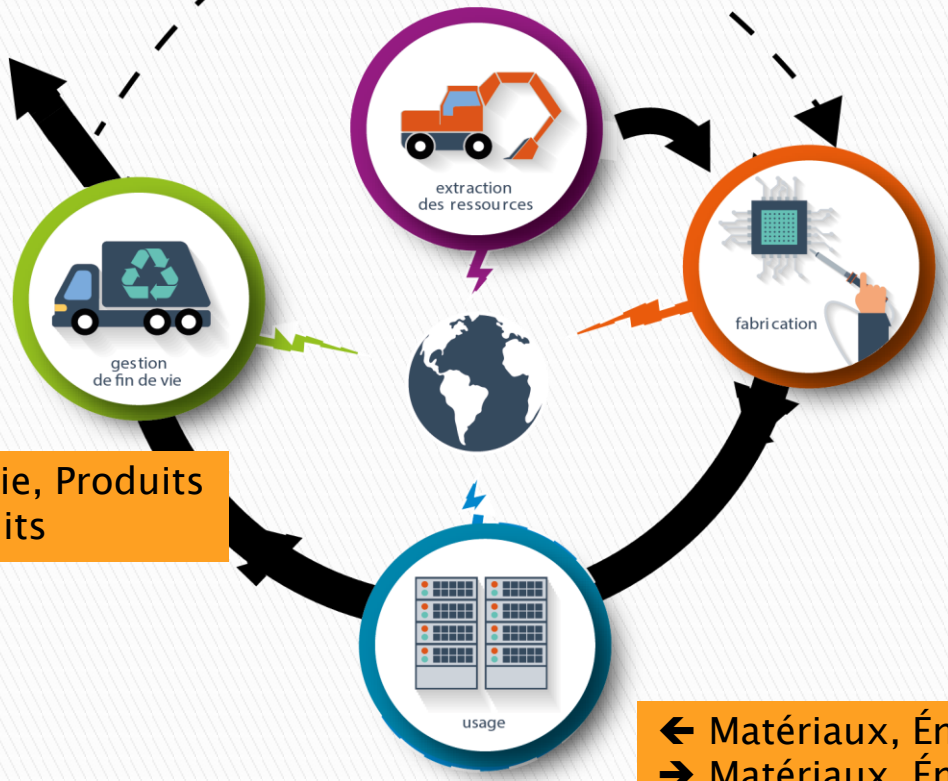




Analyse De Cycle De Vie

« Compilation et évaluation des entrants et sortants, ainsi que des impacts potentiels environnementaux d'un système de produits au cours de son cycle de vie »

[ISO 14040]



← Matériaux, Énergie, Produits
→ Matériaux, Produits

← Matériaux, Énergie, Produit
→ Matériaux, Produits

← Matériaux, Énergie, Produits
→ Matériaux, Énergie, Produits

← Matériaux, Énergie, Produits
→ Matériaux, Produits

EcoInfo

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

EcoInfo

Pourquoi faire une ACV?

Stratégie

- Identification des enjeux pour l'entreprise
- Anticipation de la réglementation

- Lobbying
- Actions de normalisation

Eco-conception

- Bilan environnemental d'un système
- Amélioration d'un système
- Eco-innovation
- Optimisation de processus industriel

- Spécifications d'achats responsables

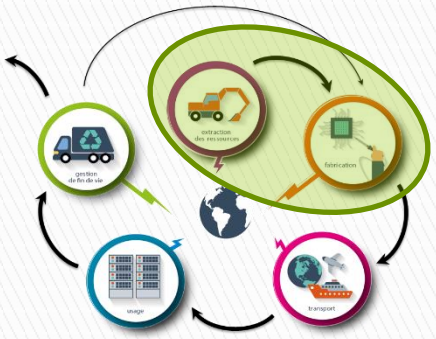
Communication Marketing

- Comparaison de systèmes
- Positionnement concurrentiel
- Adhésion à un éco-label

- Déclaration environnementale produit
- Sensibilisation des clients

Carole.Charbuillet@ensam.eu

Phase de fabrication

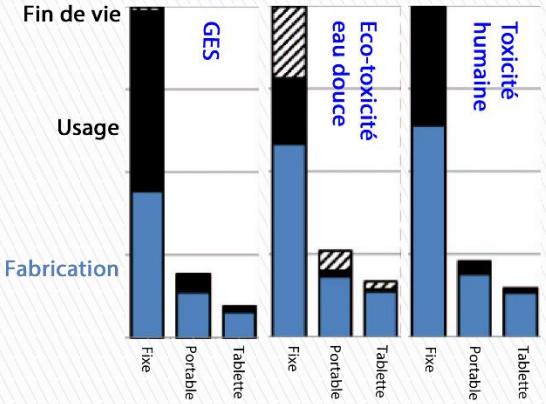


Composants électroniques

Ecrans

Batterie

Plus l'objet est petit, plus la phase de fabrication domine



Source : « 1h utilisation de l'équipement en Europe », Hischer, 2014

Impacts dominants

Déplétion des métaux

Eco-toxicité terrestre et aquatique

Toxicité humaine (substances carcinogènes)

Eutrophisation

Réchauffement climatique

EcoInfo

Phase de transport

Les impacts de cette phase sont non significatifs sauf lorsque le transport est effectué en avion,
Et dans ce cas, les impacts sont faibles relativement aux autres phases

Phase d'utilisation

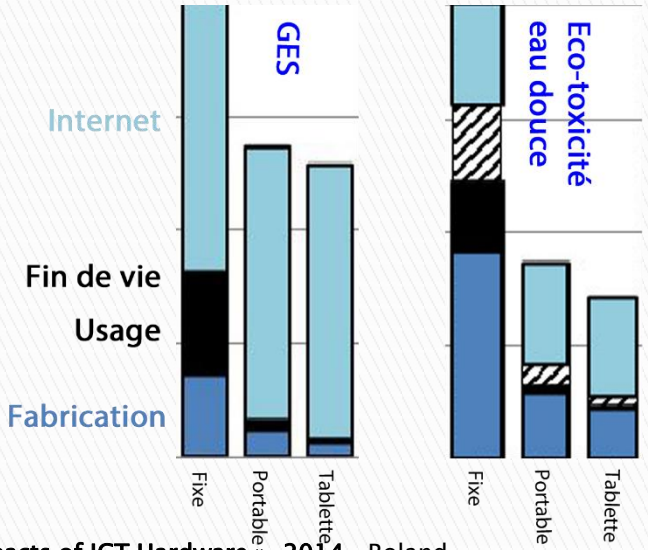
Les impacts sont directement fonction de la quantité d'énergie utilisée
- par les équipements terminaux,
- les équipements réseaux et
- les serveurs distants/infrastructure

Plus l'espace de stockage de l'équipement terminal est faible, plus les impacts du cloud dominent

Impacts dominants

Réchauffement climatique

Eutrophisation



Source : « **Grey Energy and Environmental Impacts of ICT Hardware », 2014,** Roland Hischier, Vlad C. Coroama, Daniel Schien, and Mohammad Ahmadi Achachlouei1

EcoInfo

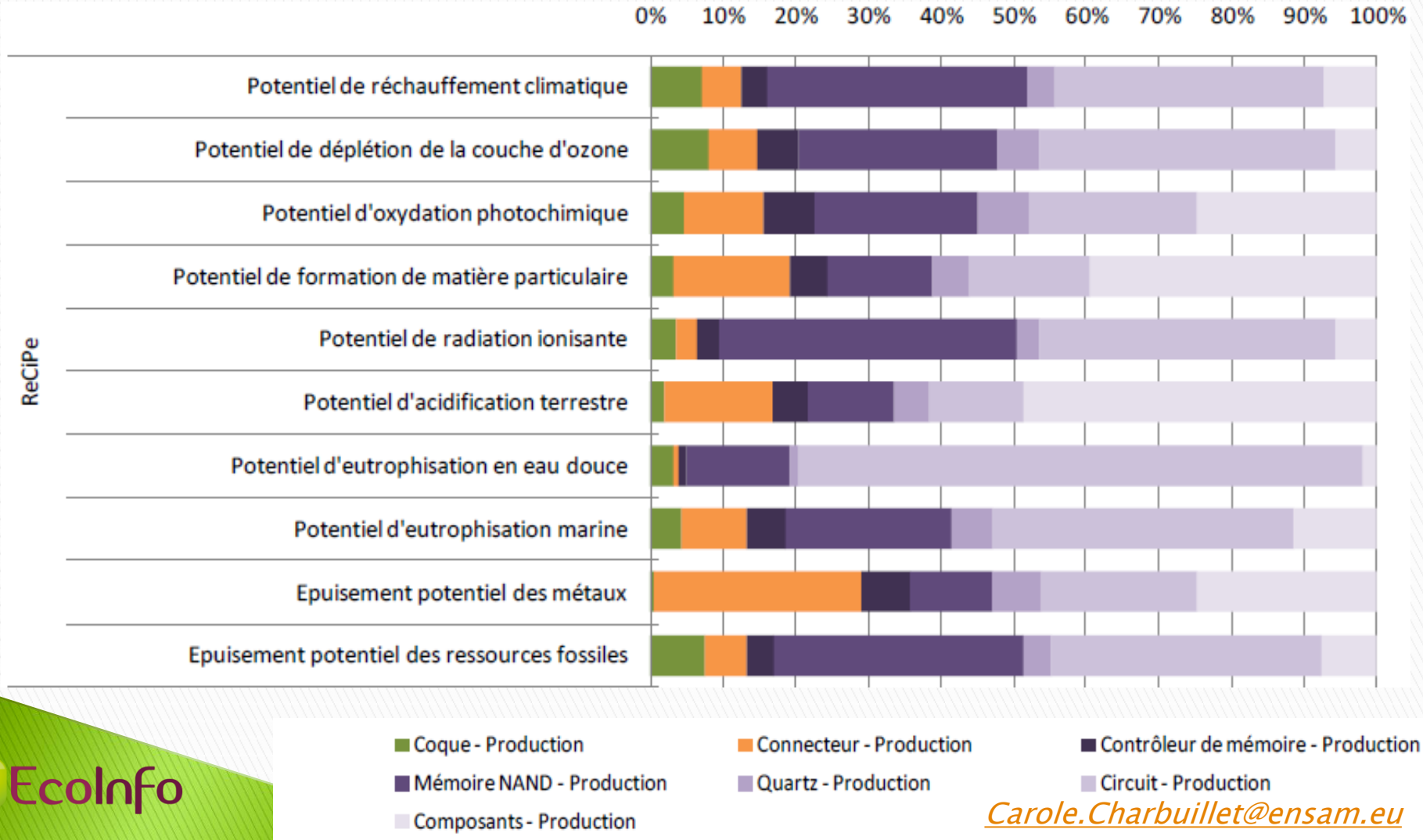
Phase de fin de vie

Cette phase est assez mal modélisée (scénarios très simplistes) ➔ pas de conclusions définitives

- Les impacts (éco-toxicité, toxicité humaine, GES) ressortent peu
- Les bénéfices (ressources fossiles, métaux) ne ressortent pas car pas de consensus pour leur prise en compte

Quantification des impacts environnementaux

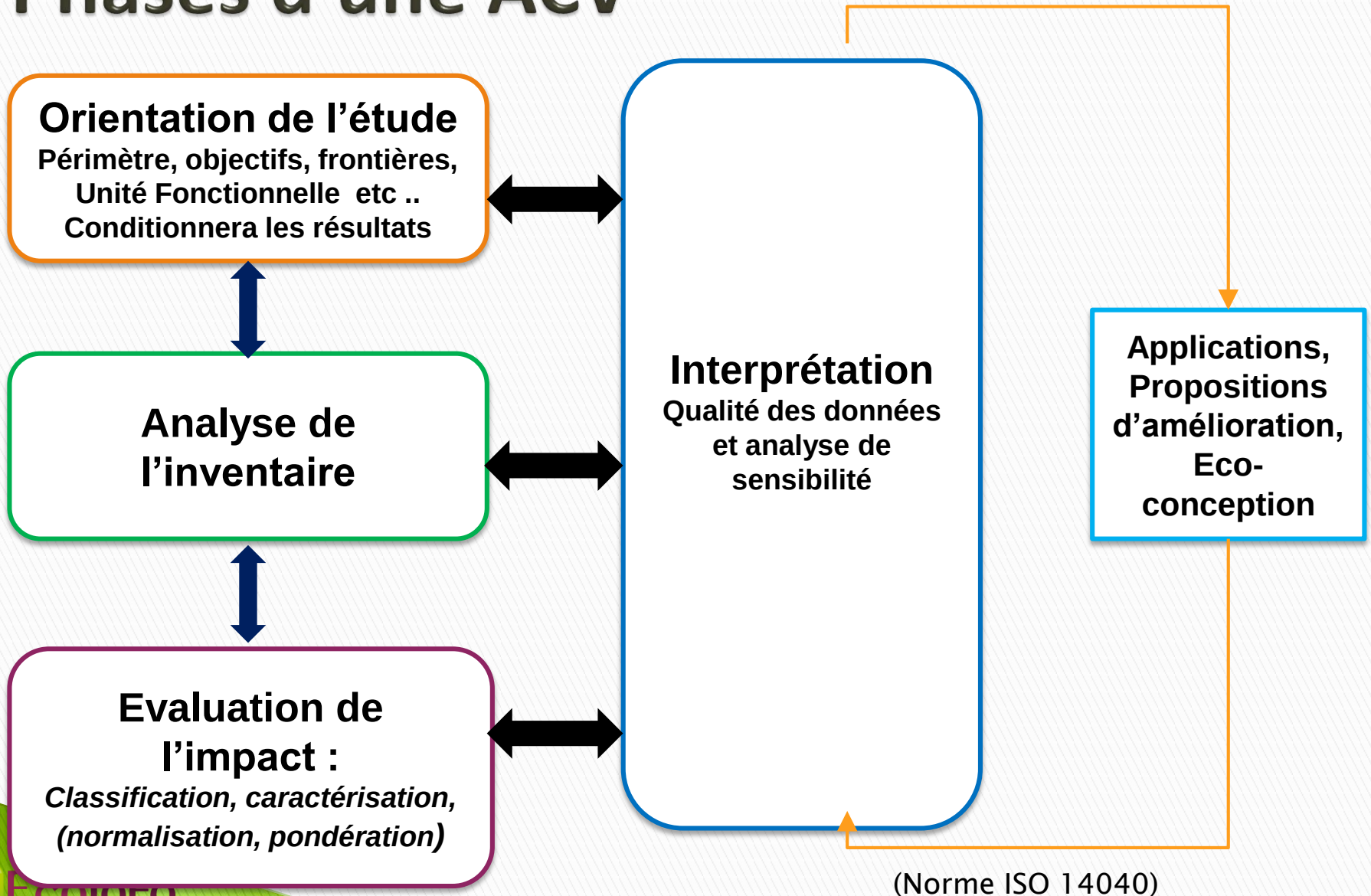
- ACV d'un clé USB- Extrait de l'étude ADEME-BIOIS sur l'analyse comparée des impacts environnementaux de la communication par voie électronique (Juillet 2011)



EcoInfo

Carole.Charbuillet@ensam.eu

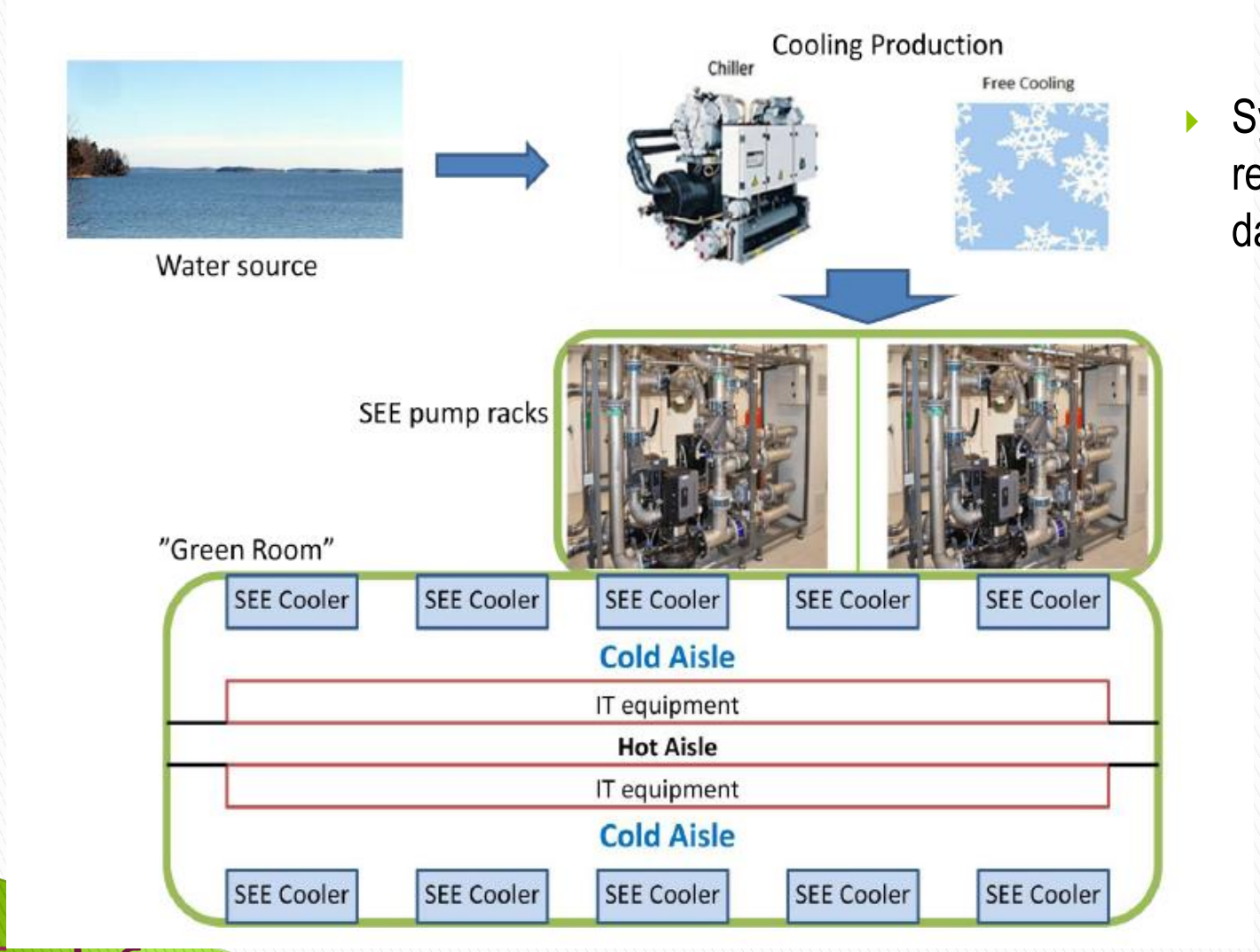
Phases d'une ACV



(Norme ISO 14040)

Carole.Charbuillet@ensam.eu

φ1: Le système étudié



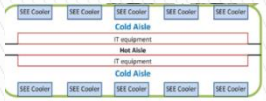
- Système de refroidissement d'un datacentre

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

φ1 : Les frontières du système étudié

- Les frontières
  - =Fonction de (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

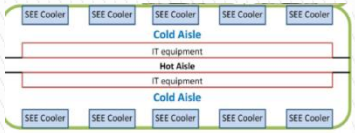
- Les frontières du système datacentre

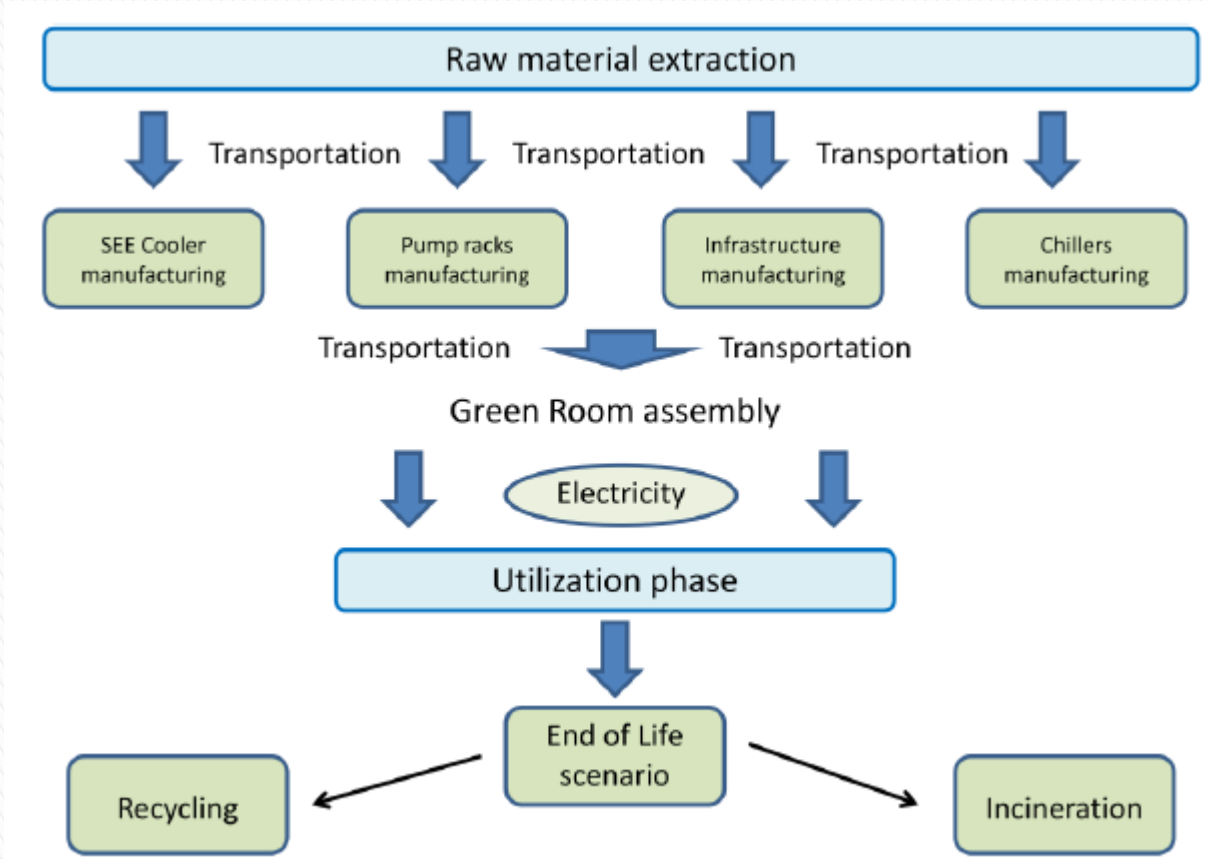


  - Prise en compte des transports?
  - Prise en compte des emballages?
  - Prise en compte des machines de production?

Carole.Charbuillet@ensam.eu

φ1: Les frontières du système





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

Carole.Charbuillet@ensam.eu

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**.

Carole.Charbuillet@ensam.eu

φ1: L'Unité Fonctionnelle

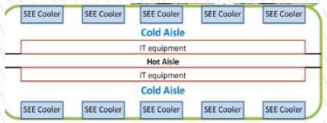
Verbe d'action + niveau de performance + conditions d'utilisation et/ou satisfaction de fonctions secondaires

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

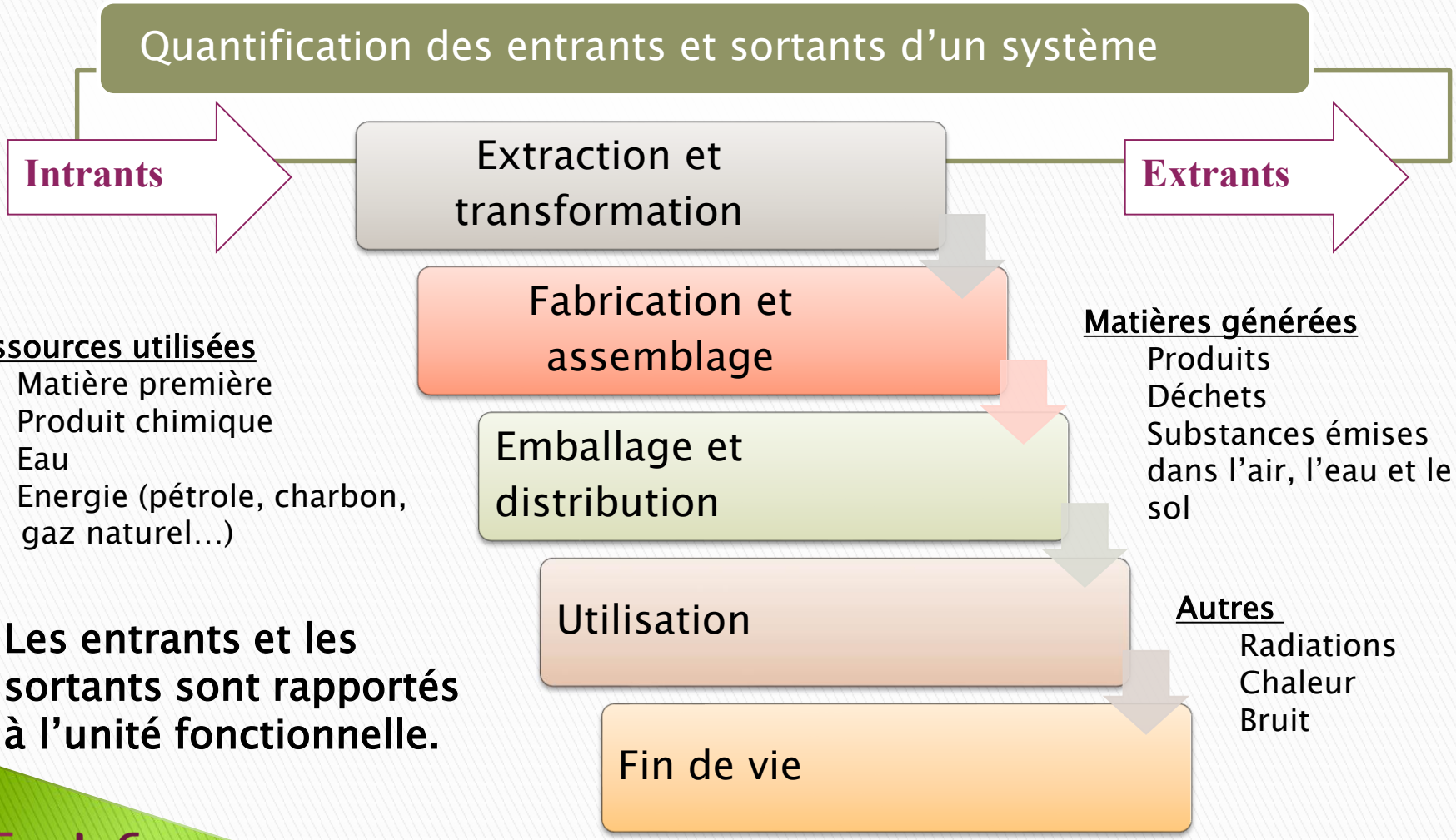


« Dissiper la chaleur produite par un équipement électronique à hauteur de 5kW/m² pour maintenir une température inférieure à 22°C sur une durée de vie de 20 ans »

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

Carole.Charbuillet@ensam.eu

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

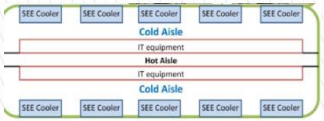


Les entrants et les sortants sont rapportés à l'unité fonctionnelle.

EcoInfo

Carole.Charbuillet@ensam.eu

φ2: l'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

EcoInfo

Carole.Charbuillet@ensam.eu

φ3: Évaluation de l'impact

Obligatoire

Choix des catégories d'impacts	Catégories les plus pertinentes pour l'étude
Classification	Répartition des flux entre les différentes catégories
Caractérisation	Calcul des valeurs des flux en fonction de l'unité de référence de l'impact dans lequel ils ont été classés

Facultatif

Normalisation	Calcul des résultats par rapport à une référence (ex: l'impact annuel moyen d'un européen)
Pondération	Hiérarchisation des catégories

EcoInfo

Carole.Charbuillet@ensam.eu

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

Identification des éléments les plus contributeurs
(matériaux, procédés, phases cycle de vie…)

Vérification hypothèses
Qualité des données

Conclusions et recommandations

EcoInfo

Carole.Charbuillet@ensam.eu

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

Carole.Charbuillet@ensam.eu

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.