

## TÉLÉCOMMUNICATIONS ET ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

13 Février 2013

Sébastien SCHINELLA Thésard Orange Labs, Université Paris Diderot – IPGP sebastien.schinella@orange.com





# Les TIC et leur pouvoir de réduction de consommation énergétique





#### Remarque préliminaire : Lien énergie-CO<sub>2</sub>

 Emission des gaz à effet de serre dans le monde : 59% des GES provient des énergies fossiles (~100% pour les TIC) (www.manicore.com)

 La plupart (79%) de l'énergie consommée dans le monde provient des énergies fossiles (BP statistical review 2010)

Idem pour l'électricité (67%) (AIE 2009)

Conclusion : équivalence énergie – CO2

3 diffusion libre

# De fortes économies seraient possibles grâce aux TIC [1]

 Les TIC seraient capables d'économiser grâce à la dématérialisation entre 5 et 15 fois leur propre émissions de CO<sub>2</sub> en 2020



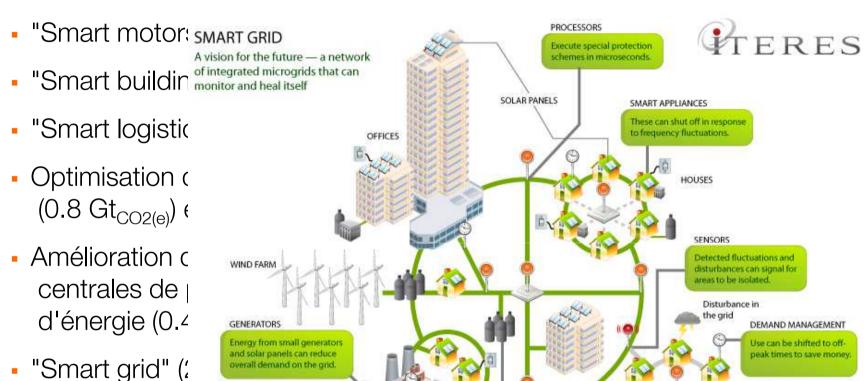
- La réduction peut avoir lieu dans plusieurs secteurs (Total 7.8 Gt<sub>CO2(e)</sub>):
  - Industrie (1.1 Gt<sub>CO2(e)</sub>)
  - Transports(2.2 Gt<sub>CO2(e)</sub>)
  - Bâtiments (2.4 Gt<sub>CO2(e)</sub>)
  - Energie (2.1  $Gt_{CO2(e)}$ )
  - 1. GeSI Smart 2020

## Quelques moyens donnés par les TIC pour diminuer les émissions de CO2

- "Smart motors systems" (1 Gt<sub>CO2(e)</sub>)
- "Smart buildings" (1.7 Gt<sub>CO2(e)</sub>):
- "Smart logistics" (1.5 Gt<sub>CO2(e)</sub>)
- Optimisation du transport individuel (0.8 Gt<sub>CO2(e)</sub>) et du trafic
- Amélioration de l'efficacité des centrales de production d'énergie (0.4 Gt<sub>CO2(e)</sub>)
- "Smart grid" (2.1 t<sub>CO2(e)</sub>)
- Dématérialisation (0.5 Gt<sub>CO2(e)</sub>)



## Quelques moyens donnés par les TIC pour diminuer les émissions de CO2



- Smart grid (
- Dématérialisat

CENTRAL POWER PLANT

Energy generated at offpeak times could be stored in batteries for later use.

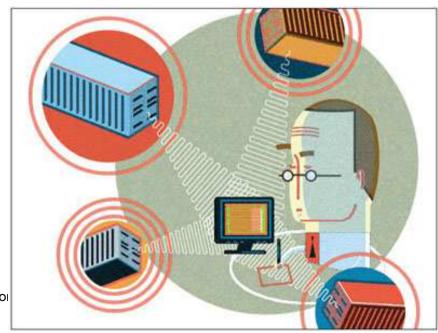
INDUSTRIAL PLANT

STORAGE

ISOLATED MICROGRID

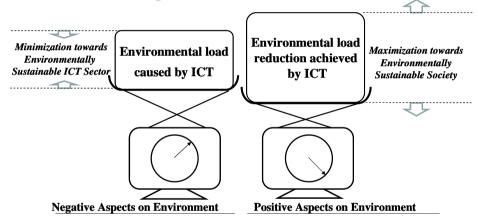
## Quelques moyens donnés par les TIC pour diminuer les émissions de CO2

- "Smart motors systems" (1 Gt<sub>CO2(e)</sub>)
- "Smart buildings" (1.7 Gt<sub>CO2(e)</sub>):
- "Smart logistics" (1.5 Gt<sub>CO2(e)</sub>)
- Optimisation du transport individuel (0.8 Gt<sub>CO2(e)</sub>) et du trafic
- Amélioration de l'efficacité des centrales de production d'énergie (0.4 Gt<sub>CO2(e)</sub>)
- "Smart grid" (2.1 t<sub>CO2(e)</sub>)
- Dématérialisation (0.5 Gt<sub>CO2(e)</sub>)



#### Conclusion sur les gains potentiels

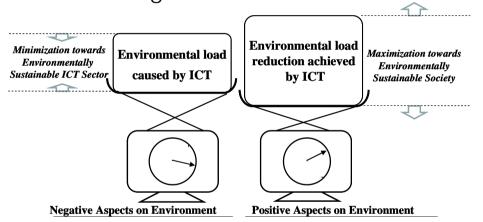
- Augmentation des émissions de gaz à effet de serre des TIC (x3 entre 2002 et 2020)
- Il serait possible d'économiser 5 fois ces émissions dans les autres secteurs grâce à des économies d'énergie



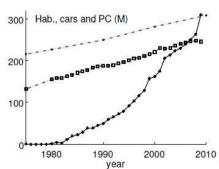
#### Conclusion sur les gains potentiels

 Augmentation des émissions de gaz à effet de serre des TIC (x3 entre 2002 et 2020)

 Il serait possible d'économiser 5 fois ces émissions dans les autres secteurs grâce à des économies d'énergie



- Ces économies semblent gigantesques. Elles sont sûrement trop optimistes voire surestimées.
- L'augmentation de la consommation des TIC est aussi susceptible d'être sous-estimée
- Substitution ou ajout de services ? (Chavanne 2013)



(a) Evolution of the USA population (dashed line), number of their cars (□, dashed line) and number of their PCs in millions (• with continuous line).

### La consommation propre des TIC



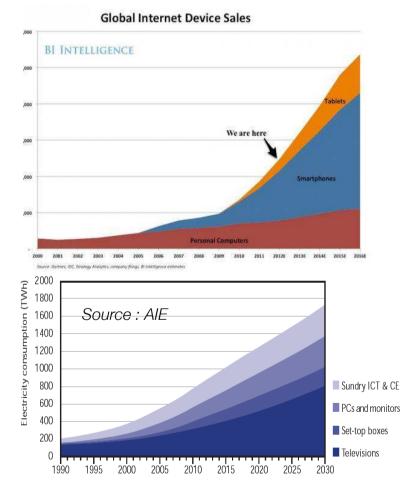


#### Pour les particuliers

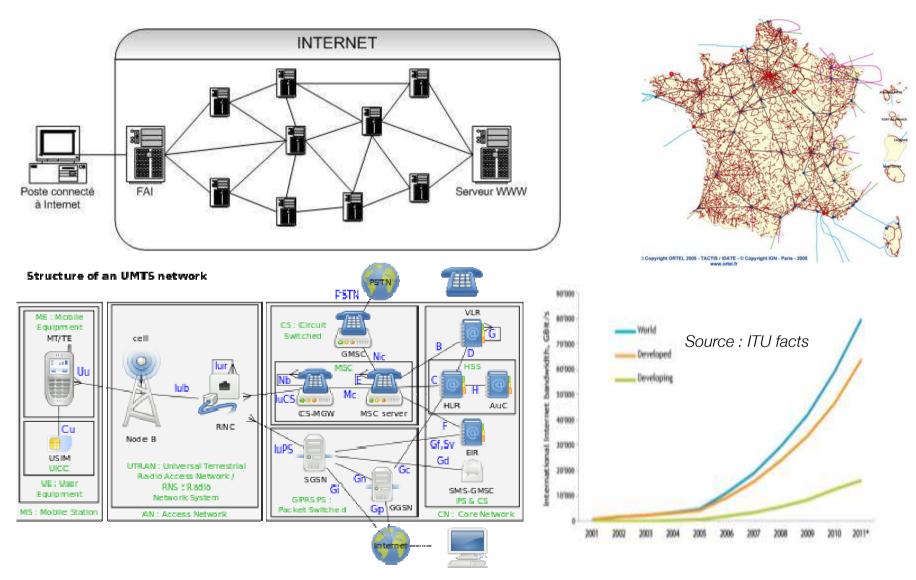
Pour 30 millions de foyers en France, et bientôt 3 milliards de foyers

dans le monde?



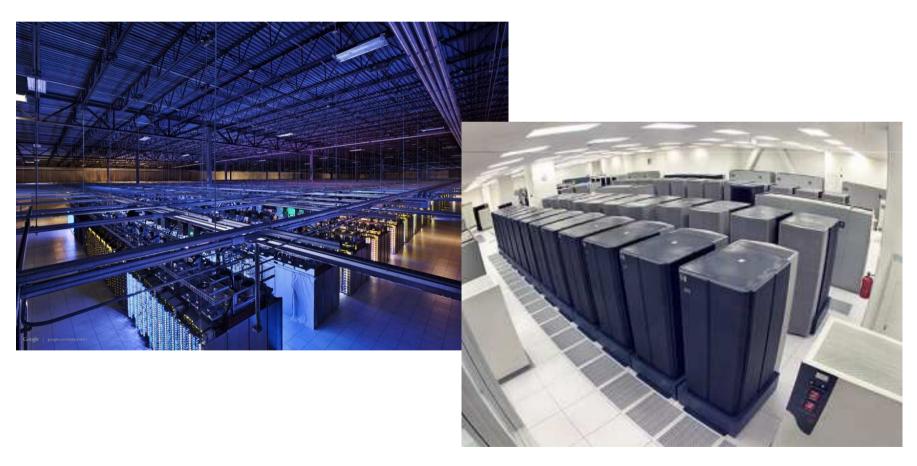


#### Au niveau du réseau



#### Chez les entreprises

- Google, Facebook, opérateurs, Cloud...
- Fonctionnement des serveurs 24h/24 + Climatisation

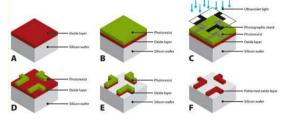


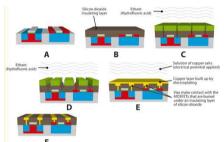
#### Et la fabrication?

Fabrication des puces (Intel)

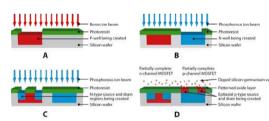


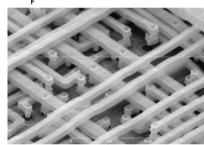












- Usines d'assemblage: consommation + autres pollutions
- Plus d'équipements TIC, Renouvellement rapide → plus de fabrication
  - PC: 3-5 ans (ADEME)
  - Serveur: ~3 ans (Opérateurs, Fabricants, Google, Facebook)
  - Tel mobile: 1-2 ans (ADEME, Opérateurs)

# Les méthodes actuelles d'évaluation de l'impact des TIC et leurs difficultés





## Différentes méthodes et mesures d'efficacité énergétique

- Label "Energy star" pour les ordinateurs et serveurs
- Evaluation de la consommation des datacenters, Power Usage Effectiveness\*...
- Opérateurs: évaluation des performances des éléments du réseau en J/bit ou bit/J
- Certaines analyses et modélisations globales du réseau ont déjà été effectuées, mais avec une certaine imprécision et des hypothèses (Baliga, Souchon, Kilper...)
- PROBLEME: pas d'analyses globale du service dans ces méthodes
  - → Pas d'évaluation de substitution possible
  - → Et les Analyses de cycle de vie (ACV)
- \* PUE = <u>conso serveurs + conso clim</u> conso serveurs

#### ACV: Intérêts et enjeux

But: identifier les impacts sur l'environnement d'un produit ou service.

#### Intérêts :

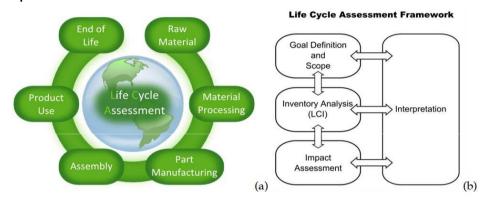
- Identifier les « sous-ensembles » les plus impactants
- Orienter le travail d'éco-conception
- Comparer l'empreinte écologique de plusieurs produits entre eux (taxe carbone)
- ACV de service: coût env. du service, faciliter la vente par le marketing
- Eviter les transferts de pollution et les transferts d'impacts

#### Enjeux :

- Base normalisée (ISO 14040/14044) pour l'étiquetage environnemental plateforme ADEME/AFNOR
- Permet au Groupe d'être présent en normalisation (ETSI, UIT, Commission Européenne)
- Expertise vis-à-vis de la future législation environnementale : ACV des organisations

#### ACV: Phases du cycle de vie et indicateurs

 Prise en compte de l'ensemble des phases de cycle de vie du produit ou du service, du berceau jusqu'à la tombe (cradle to grave). Analyse selon plusieurs phases



- Nombreux indicateurs environnementaux (méthodologie développée par CODDE Bureau Veritas) :
  - Consommation des ressources (matière première, énergie, eau)
  - Pollution air (GES, ozone (déplétion et production d'ozone photochimique), toxicité, acidification)
  - Pollution eau (toxicité, eutrophisation)
  - Production de déchets dangereux

#### **ACV: Limites**

- Comportement "boite noire"
- Incertitudes mal maitrisées
- Pas de méthode pour détecter des erreurs géantes dans les bases de données (ex de l'ordinateur) ou des hypothèses (ex de l'e-mail)
- Difficultés d'utilisation pour l'optimisation
- L'Unité Fonctionnelle, élément de structure du cadre de l'ACV, n'est pas adaptée pour un réseau hétérogène ni pour la substitution
- Difficulté d'allocation des impacts pour les éléments multitâches
- Nombreuses hypothèses pour les services (Durée de vie des équipements, modes d'utilisation...)

# La méthode développée par Orange et l'Université Paris Diderot pour faire face à ces difficultés





#### Présentation générale de l'étude

- Méthode initialement créée pour le secteur énergétique par l'université Paris Diderot (Chavanne 2011). Adaptation aux TIC en cours (Marquet)
- But: Evaluation de l'impact énergétique sur tout le cycle de vie

Identifier les caractéristiques des équipements, réseaux et services avec

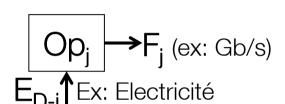
leurs paramètres, clarifier les règles d'allocation et réduire les incertitudes

- Basée sur des lois physiques et des données établies pour avoir une évaluation plus précise
- Construire d'une méthode claire modulaire permettant une évaluation et une réutilisation plus facile et systématique, qui peut permettre un optimisation de la consommation pour n'importe quel service
- Dans une perspective de substitution / dématérialisation



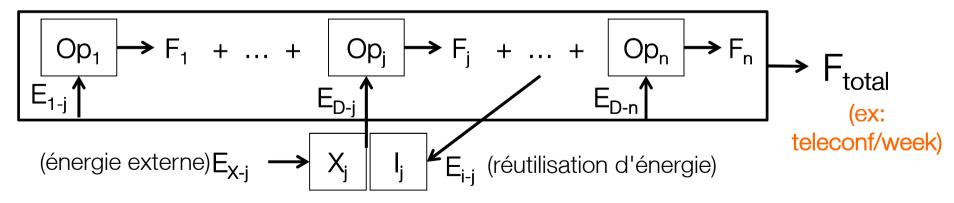
#### General presentation of the study

- Chaque module est étudié indépendamment du service TIC considéré, avant de faire la liaison entre les deux
- Les données sont :
  - F<sub>i</sub>: Flux caractéristique de l'opération
  - E<sub>D-i</sub>: Flux de consommation d'énergie directe
- Taux de consommation de l'opération r<sub>D-j</sub> = E<sub>D-j</sub>/F<sub>j</sub> (dans l'exemple: Ws/Gb = J/Gb)

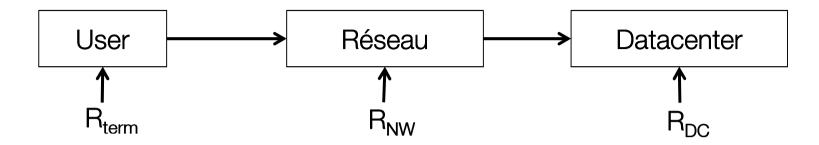


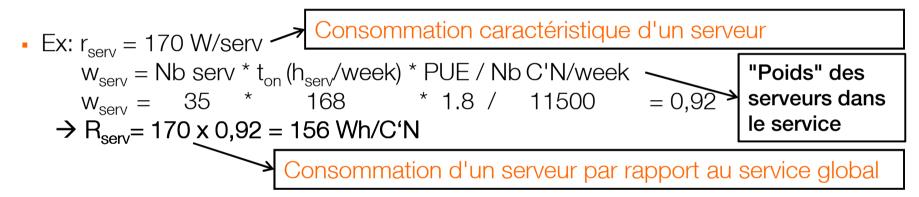
Ex d'un module du réseau

- consommée en W
- Analogies avec les ACV: "unité fonctionnelle partielle"
- Les procédés indépendants sont combinés pour réaliser le service F<sub>total</sub>.



#### Exemple d'évaluation d'un service





Extinction des serveurs la nuit et le week-end : fonctionnement 5j/7 and 12h/24

$$r_{serv} = 170 \text{ W/serv}$$
 $w'_{serv} = \text{Nb serv * t}_{on} (h_{serv}/\text{week}) * \text{PUE / Nb C'N/week}$ 
 $w'_{serv} = 35 * 60 * 1.8 / 11500 = 0,33$ 
 $\Rightarrow R_{serv} = 170 \times 0,33 = 56 \text{ Wh/C'N}$ 

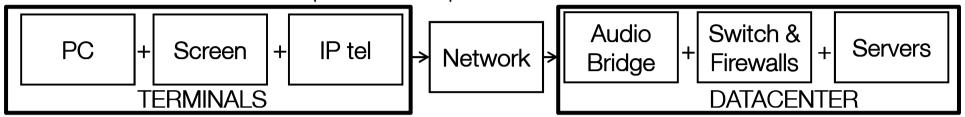
#### Différents types d'optimisation

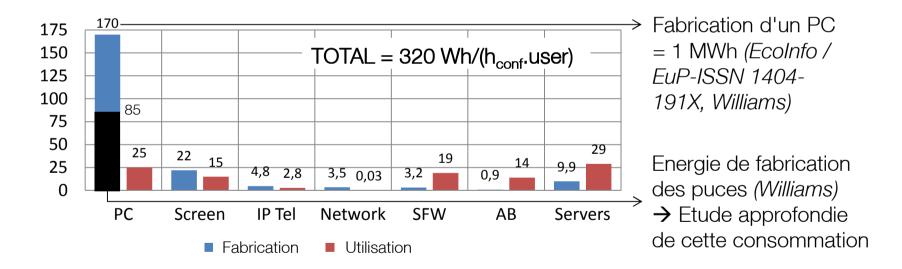
- Consommation directe en Wh / teleconf

PARAMETERS	Term.	Réseau	Datacenter	TOTAL	SAVING
Référence: PC standard et PUE du datacenter = 1.8	625	1	156	782	
Tablette au lieu de PC	40	1	156	197	75%
PUE = 1.3	625	1	113	739	5.5%
Serveurs 5j/7 12h/24	625	1	56	682	13%
Serveurs 5j/7 12h/24 + Tablette	40	1	56	97	88%
PUE =1.3 + Tablette + serveurs 5j/7 12h/24	40	1	40	81	90%

#### Ce qui a été fait ensuite (1/2)

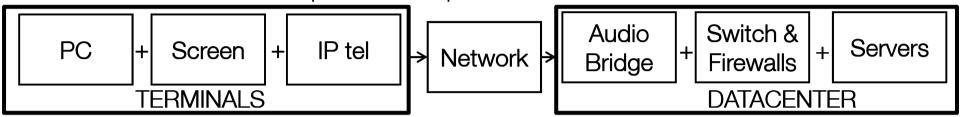
Plus de détails sont pris en compte dans l'évaluation des modules

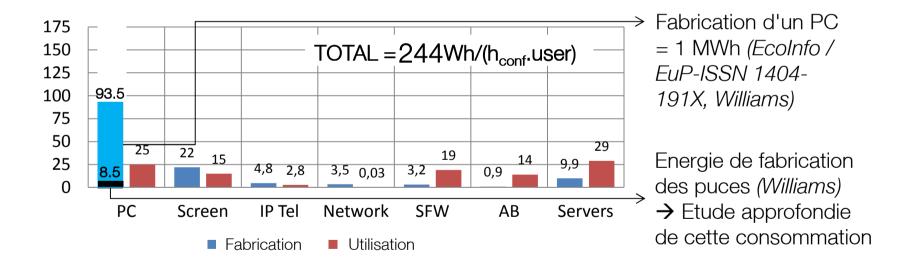




#### Ce qui a été fait ensuite (1/2)

Plus de détails sont pris en compte dans l'évaluation des modules





 L'énergie pour fabriquer les puces peut être surestimée d'un facteur 10 (Résultats thèse, Schinella) → autres surestimations ???

#### Exemples d'équation entrées dans le modèle

(Schinella)

## (DIAPOSITIVE NON PARTAGEE CONTIENT ENCORE DES INFORMATIONS A NE PAS PUBLIER)

### **Conclusions et perspectives**





#### Conclusion

- Meilleure évaluation du service et détection possible de grosses erreurs
- Détermination de paramètres pour agir sur la consommation d'énergie (exemple de la lithographie)
- Complémentarité avec les ACV
  - Equivalences entre l'ACV et la méthode (ex: cycle de vie entier, définitions de frontières du système, étude sommaire)
  - Avantages de notre méthode par rapport aux ACV (ex: affranchissement de l'unité fonctionnelle, moins opaque, règles de vérification)
  - Avantages des ACV par rapport à notre méthode (bases de données très fournies, nombreux indicateurs de pollution différents)

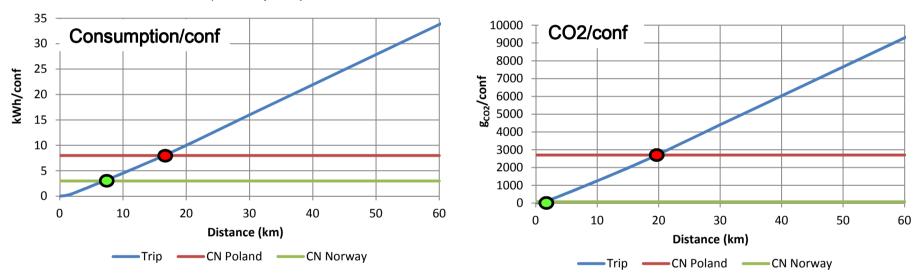
#### Prochaines étapes d'étude

- Etude de la consommation en utilisation des parties les plus consommatrices après une étude globale plus précise du service (Chavanne 2013)
- Intégrer les leviers dans le programme au niveau du service entier pour mieux simuler l'impact énergétique (PUE, taux d'utilisation...)
- Application à un autre service
- Etude de la substitution et de l'effet rebond pour maximiser l'impact positif des TIC

30

#### Approche de la substitution

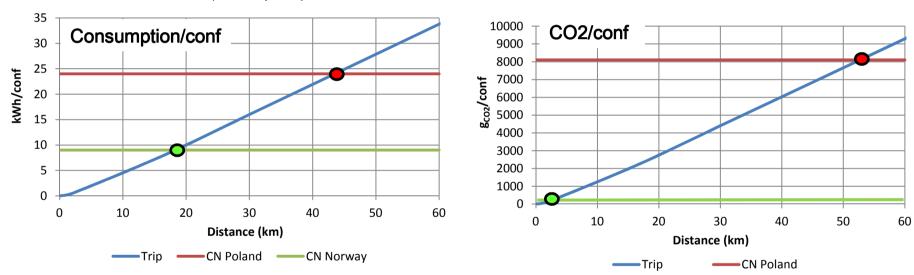
- Une brève évaluation de la consommation du service physique est effectuée (ex: transport) (à l'ordre 1) en utilisant la même méthode que pour le service TIC
- Ex de résultats (Marquet)



• MAIS... des effets parasites n'ont pas été considérés: effet rebond, PC allumés pendant les réunions physiques...

#### Approche de la substitution

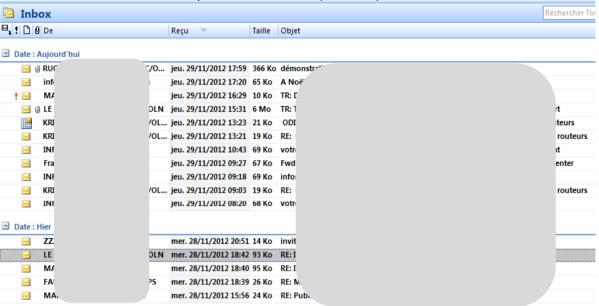
- Une brève évaluation de la consommation du service physique est effectuée (ex: transport) (à l'ordre 1) en utilisant la même méthode que pour le service TIC
- Ex de résultats (Marquet)



Avec un effet rebond de 3 réunions virtuelles pour 1 réunion physique

#### Paradoxes et effets rebonds/débonds

• Effet rebond mis en évidence par Jevons (1865) et Khazzoom-Brookes (1980):



- Autres effets negatifs :
  - Consommations parasites : spams, vidéos incrustées, équipements "always on"
  - Remplacement rapide des équipements pour des équipements "greener"
    - → plus de consommation lors de la fabrication
- Substitution ou ajout de services ? (Chavanne 2013)



#### **Bibliographie**

- **Baliga** J, Ayre R, Hinton K, Tucker R. "Green cloud computing: Balancing energy in processing, storage, and transport." Proceedings of the IEEE 2011b;99(1):149–67
- Chavanne, Frangi J. "Comparison of the energy efficiency to produce agroethanol between various industries and processes: Synthesis." Biomass and Bioenergy, **2011**;35(7):2737–54.
- Chavanne, Marquet, Schinella, Frangi, Le Masson, "Electricity consumptions during a telemeeting", stoten, 2013 (to be published)
- **GeSI Smart 2020 :** Global e-Sustainability Initiative, Study "SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age"
- ITU facts: http://www.itu.int/ITU-D/ict/facts/2011/material/ICTFactsFigures2011.pdf
- **Kilper** D, Atkinson G, Korotky S, Goyal S, Vetter P, Suvakovic D, Blume O. "Power trends in communication networks." Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE, 2011
- Marquet D, Aubrée M, Frangi J.P. and Chavanne X., "Scientific methodology for Telecom services energy consumption and CO2 emission assessment including negative and positive impacts", IEEE Telescon 2009
- **Schinella**, Marquet, Le Masson, Tanaka, Chavanne, Frangi, "Research on ICT service energy impact assessment method: how much energy to manufacture a chip ", IEEE Kaleidoscope 2013 (to be published)
- Souchon L. "Technologies de l' Information et de la Communication et énergétique: Techniques d'estimation de consommation sur la hauteur, la structure et l'évolution de l'impact des TIC en France." PhD book 2008
- Williams E. "Energy intensity of computer manufacturing: Hybrid assessment combining process and economic input-output methods." Env. sci. & techno. 38(22), 6166-6174, 2004.