



HAL
open science

Technologies de l'Information (TI) et Développement Durable (DD) : Revue de la littérature et pistes de réflexion

Sanaa Ait Daoud, Amélie Bohas

► To cite this version:

Sanaa Ait Daoud, Amélie Bohas. Technologies de l'Information (TI) et Développement Durable (DD) : Revue de la littérature et pistes de réflexion. Journée Rochelaise Systèmes d'Information & Développement Durable (JRSIDD 2013), Apr 2013, La Rochelle, France. hal-00813608

HAL Id: hal-00813608

<https://hal.science/hal-00813608>

Submitted on 16 Apr 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Technologies de l'Information (TI) et Développement Durable (DD) : Revue de la littérature et pistes de réflexion.

Sanaa AIT DAOUD
Université Montpellier 2
Laboratoire MRM
sanae.daoud@yahoo.fr

Amélie Bohas
Université Toulouse 1 – IAE
amelie.bohas@iae-toulouse.fr

Résumé

L'objet de ce travail est d'interroger le rôle des technologies de l'information en matière de développement durable. Dans cette perspective, nous mettons en avant le rôle positif et négatif joué par les TI. Nous nous intéressons ensuite aux pratiques mises en place par les entreprises pour amenuiser les impacts écologiques négatifs des TI. Nous clôturons ce papier en proposant des pistes de réflexion que nous jugeons pertinentes pour la recherche en systèmes d'information.

Abstract

The aim of this paper is to examine the role of information technology in sustainable development. In this context, we emphasize the positive and negative role of IT. We then focus on the practices implemented by companies to diminish the negative ecological impacts of IT. We end this paper by suggesting lines of thought that we deem relevant to research in information systems.

Introduction

« Nos vieux ordinateurs sèment la mort » telle est l'accroche employée par le magazine Géo¹ pour mettre en avant les conséquences écologiques négatives des technologies de l'information (TI) en fin de vie. Depuis leur apparition, les TI ont été étudiées par rapport aux avantages et aux opportunités qu'elles offrent aux entreprises et aux citoyens.

¹ www.geo.fr : édition Octobre 2012

Aujourd'hui, ces technologies sont considérées comme nocives en matière de développement durable. De sérieuses recherches scientifiques démontrent que ces technologies auraient des retombées néfastes non seulement sur l'environnement mais également sur les deux autres piliers du développement durable : la société et l'économie (Deltour, 2010 ; Daly et Butler, 2009 ; Elliot, 2007 ; Molla et Cooper, 2009)).

En parallèle avec ces recherches, un autre courant s'est développé pour, au contraire, mettre en avant le rôle positif que peuvent jouer les TI pour sensibiliser et promouvoir le développement durable (Breuil et al., 2008 ; Petit, 2009).

L'usage des Technologies de l'Information (TI) et de leurs conséquences ou contributions en matière du développement durable a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs en écologie industrielle, en philosophie, en informatique et plus récemment en systèmes d'information. L'objectif de ce travail est d'exposer les différents liens entre TI et DD et aboutir à proposer différentes pistes de recherche.

Cette recherche est organisée en deux parties. La première partie expose, d'abord, le rôle positif joué par les TI dans différents secteurs d'activité pour répondre aux problématiques de développement durable notamment à travers la dématérialisation des produits et des services. Elle expose dans une seconde partie les conséquences négatives liées à la production, à l'usage et la fin de vie des TI. La seconde partie est consacrée à la présentation des pratiques permettant de réduire les conséquences négatives des TI. Pour conclure, des pistes de réflexion seront proposées.

1. Les technologies de l'information et DD : rôles et conséquences

Depuis leur apparition, les TI ont joué un rôle important dans l'amélioration de la vie des particuliers et des professionnels. Ces technologies ont été considérées essentiellement par rapport aux nombreux avantages qu'elles offrent à la société et à l'économie (Petit, 2008; Breuil, et al. 2008; Ait-Daoud et al. 2010; Deltour, 2010).

Différents auteurs se sont intéressés au lien entre les TI et le développement durable (Rodhain, 2005 ; Christensen et al., 2007 ; Breuil et al., 2008 ; Flipo et Gossart, 2008 ; Petit, 2008 ; Bordage, 2009 ; Rodhain et Fallery, 2009 ; Swanborg, 2009 ; CIGREF, 2010 ; Ait-Daoud, 2011 ; Jenkin et al., 2011). La première approche considère les TI **en tant que support** d'information et **outils de communication** pour le DD et pour la RSE. Dans ce cas, les TI sont considérées comme une ressource commune à l'ensemble de l'économie (Breuil et al., 2008).

La seconde approche considère les TI **en tant que produit** (hardware) ayant des conséquences sur le DD tout au long de leur cycle de vie. Ici, les TI sont considérées comme un secteur à part entière.

La première partie de ce travail expose les liens entre TI et DD. Nous nous interrogeons, d'abord, sur le rôle positif des TI dans le développement durable. Nous mettant en lumière les différentes hypothèses qui proposent ces technologies comme une opportunité à construire un monde "propre". Nous abordons, ensuite, les conséquences négatives des TI sur le développement durable.

1.1. La contribution des TI dans le DD : Entre mythe et réalité

Les TI jouent, a priori, un rôle positif dans de nombreux domaines d'activité en matière de développement durable. Dans le domaine du BTP par exemple, les TI permettent de concevoir des bâtiments "intelligents", c'est à dire dotés d'un système de gestion énergétique assurant l'optimisation du chauffage, de la climatisation, de la lumière, etc. (Breuil et al. 2008). Dans le domaine médical, l'introduction des TI permet aux médecins de procéder à distance à des consultations, ce qui réduit les déplacements physiques (Duchêne et al, 2002; Breuil et al. 2008).

Il semblerait également que les TI contribuent positivement au développement durable, dans la mesure où elles informent et sensibilisent aux problématiques écologiques, et améliorent l'information du grand public sur la réalité de leur consommation en empreinte carbone. Par exemple, des technologies d'identification par radiofréquence (RFID) sont capables d'indiquer pour chaque produit les émissions de gaz à effet de serre générées par leur fabrication, culture, emballage et transport (Petit, 2009).

Ces contributions ne peuvent pas être généralisées. En effet, la question de l'apport des TI en matière de développement durable est très controversée.

Certains soutiennent que le passage vers une "société d'information", basée sur la dématérialisation, signifie que les industries consomment moins de ressources. (Breuil, et al., 2008). Parallèlement, les TI pourraient être considérées comme un moyen de sensibilisation et de mise en œuvre d'une politique plus efficace de développement durable (Breuil et al., 2008). Si elles sont bien employées, elles auraient des potentialités à promouvoir et à répondre aux objectifs du développement durable.

D'autres (Fuchs, 2008 ; Rhodhain et Fallery, 2010; Flipo et al., 2012) critiquent fortement ces propos. Ces auteurs expliquent que le recours à la dématérialisation laisse croire que les TI permettent *inévitablement* d'économiser les ressources et de vivre dans un monde "propre". Cependant, il a été démontré qu'il s'agit plutôt d'un "mythe d'une société d'information durable" (Fuchs, 2008).

Nous nous intéressons dans cette partie aux débats autour des contributions des TI au développement durable. Est-ce un mythe ou une réalité ?

Nous proposons de répondre à cette question en évaluant l'apport des technologies de l'information dans (1) la substitution au déplacement et dans (2) la dématérialisation et la numérisation des données.

1.1.1. Les TI permettent-elles la substitution aux déplacements ?

L'introduction des TI pour la gestion des transports semble prometteuse notamment pour la rationalisation des transports publics et le développement de leur utilisation, pour l'optimisation de la logistique des transports et pour l'optimisation des transports individuels (Petit, 2009). De plus, les TI ont permis de créer de nouvelles formes d'organisation (Faucheux et Nicolaï, 2011 ; Breuil et al. 2008) qui ont joué un rôle dans la réduction de l'empreinte carbone dans le secteur du transport.

Deux applications sont massivement évoquées dans la littérature lorsqu'il s'agit du rôle des TI à se substituer aux déplacements : le télétravail et le e-commerce. Nous présentons dans ce qui suit la contribution de ces deux applications au développement durable : Le télétravail et le e-commer

Le télétravail peut-il se substituer au transport ?

Le télétravail est un moyen pour le salarié de faire l'économie du trajet aller-retour entre son domicile et son lieu de travail. Ceci permet à ce secteur de générer une économie d'énergie importante. Petit (2009) précise que les français parcourent chaque année 65 milliards de KM en voiture dont la majeure partie pour des raisons professionnelles.

Le télétravail permet d'organiser des réunions à distance, d'optimiser les déplacements et donc induire une réduction des émissions des gaz à effet de serre par le biais des économies de combustibles fossiles auxquels les moyens de transport font appel (Breuil et al. 2008). Kitou et Horvath (2006) rajoutent que le recours au télétravail réduirait les émissions de CO² liées aux transports de 90% (Cité dans Rodhain et Fallery, 2010).

Cependant, la question qui se pose est de savoir si l'usage des technologies de l'information peut se substituer à l'usage des moyens de transport ? L'usage des TI permettrait-il de réduire automatiquement le besoin de voyager ?

Certains scientifiques, comme Breuil et al. (2008) et Petit (2009), soutiennent que le télétravail permet aux travailleurs une mobilité spatio-temporelle, par conséquent le besoin de déplacement et la pollution générée par ce déplacement serait réduit. Le même argument est valable pour les téléconférences (Fuchs, 2008). En substituant des rencontres personnelles par des téléconférences, le déplacement peut être réduit. Mais les télétravailleurs ne travaillent pas généralement à plein temps chez eux, car, selon Fuchs (2008), ils ont besoin de rester en contact direct et face à face avec la société.

Des études plus poussées portant sur le lien entre télécommunication et voyages personnels montrent que les TI ne se substituent pas au transport (Rodhain et Fallery, 2010). En s'appuyant sur des recherches empiriques, ces auteurs montrent que les TI auraient plutôt un effet de complémentarité (et non de substitution) au transport. Ils expliquent, dans ce cas, qu'un mode de communication électronique est utilisé pour générer un mode communication physique, c'est-à-dire pour planifier des rencontres physiques.

Il apparaît que le télé-travail ne contribue pas à diminuer la pollution générée par le transport. Ceci est pour deux raisons, d'abord, le déplacement pour le travail ne produit qu'une part relativement faible du total des émissions de CO² (Fuchs, 2008); et ensuite, le travail à domicile ne diminue pas les déplacements, mais au contraire, le travail en ligne peut créer de nouveaux contacts susceptibles de générer le besoin de rencontre physique (Rodhain et Fallery, 2010 ; Flipo et al., 2012).

Après avoir étudié le rôle du télé-travail dans la substitution au transport, nous nous intéressons ci-après au sujet du e-commerce. Nous nous interrogeons sur le rôle du e-commerce et de l'achat en ligne dans la substitution au transport.

Le e-commerce peut-il se substituer au transport ?

Le e-commerce a permis à certaines entreprises, spécifiquement aux entreprises de service, de réduire les coûts à travers la vente en directe, de mieux cibler les clients potentiels, de proposer des services personnalisés, etc. (Merlière et al, 2011; Bakos et al, 2005).

Le e-commerce et l'achat en ligne de produits immatériels sont en permanente croissance. Les achats sur Internet font économiser surtout à l'acheteur le déplacement, cependant la livraison à domicile exige le transport de la marchandise. Néanmoins les tournées de livraison peuvent être rationalisées à l'aide des TI (Petit, 2009). Cet auteur, souligne que la numérisation des produits permet d'énorme économie de production. Par exemple, le coût de distribution d'un livre en ligne est quasiment nul contrairement à la distribution d'un livre papier qui comprend l'impression, le stockage, l'acheminement, etc. Cette approche est cependant bien réductrice. Certes, la vente en ligne permet d'éviter l'impression et l'acheminement des livres, mais elle génère d'autres coûts.

Les résultats d'une étude, réalisée par Wuppertal Institute, et portant sur une comparaison entre le e-commerce et le commerce traditionnel, montrent que les produits vendus en ligne pourraient être plus consommateurs en ressources (Fuchs, 2008).

Rodhain et Fallery (2010) se sont focalisés sur cette question. Ils ont comparé, en s'appuyant sur des études en Ecologie Industrielle, le coût de la vente directe et le coût de la vente sur Internet (des livres). Les résultats montrent que la vente en ligne permet de réaliser des économies énergétiques, essentiellement grâce à la suppression du déplacement de l'acheteur aux librairies, mais ces économies sont remplacées par l'acheminement des livres jusqu'aux clients. Une autre étude dans le même secteur, montre que le e-commerce consomme généralement plus d'énergie que le commerce traditionnel : aux États-Unis, 73 MJ (MégaJoules) dépensés dans le commerce en ligne contre 53 MJ dans le commerce traditionnel, à Tokyo, 9,4 MJ contre 1.6MJ. Il existe un cas où le commerce en ligne est légèrement moins consommateur d'énergie : "lorsque les consommateurs résident dans des zones rurales qui nécessitent un déplacement important lors de l'achat" (p 8).

Bien que le commerce électronique ait la capacité d'économiser l'énergie relative, entre autre, à la distribution, ceci n'est valable que sur une échelle réduite. Fuchs (2008) appuie ses propos en livrant diverses raisons :

- Tout d'abord, jusqu'à ce jour, le e-commerce constitue un autre canal de vente qui ne peut se substituer aux canaux traditionnels de vente,
- Deuxièmement, le nombre de produits qui peuvent potentiellement être numérisés est limité.
- Troisièmement, les habitudes de consommation sont susceptibles de provoquer un effet rebond.

D'après les résultats des études portant sur le lien entre le e-commerce et la réduction des déplacements, il apparaît, encore une fois, que les TI ne contribuent pas de manière systématique à diminuer la pollution générée par le transport.

Le e-commerce, le télétravail, les vidéoconférences, le e-Learning et bien d'autres formes d'activités à distance évitent le déplacement des individus et donc réduisent leur empreinte écologique, mais l'utilisation d'Internet crée de nouvelles relations sociales au niveau mondial et ainsi le besoin de se déplacer sur de longues distances se manifeste.

Dans ce qui suit, nous nous intéressons à la question de la dématérialisation des ressources physiques et à sa contribution au développement durable.

1.1.2. L'usage des TI pour la dématérialisation permet-il la substitution aux ressources physiques ?

Les TI ont joué un rôle principalement pour la dématérialisation des procédures et la numérisation de certains outils de travail (Breuil et al. 2008; Petit, 2008 ; Faucheux et Nicolai, 2011). La dématérialisation a permis de remplacer le support matériel, le papier ou les déplacements utilisés lors des activités et des échanges commerciaux par les technologies numériques (Breuil et al., 2008). Ceci pourrait d'une part limiter l'utilisation de papier, et par conséquent en limiter la consommation excessive, et d'autre part faciliter les échanges avec les entreprises et les administrations et éviter dans certains cas la longue file d'attente (par exemple, la télé-déclaration d'impôt).

Plusieurs applications de dématérialisation sont évoquées dans la littérature, tels que la dématérialisation des services administratifs, appelée également "e-administration", qui permet la réduction des frais relatifs à l'usage du papier tout en permettant de travailler plus efficacement (Faucheux et Nicolai, 2011 ; Aïdonidis et Pauletto, 2007) grâce à la disponibilité d'information et la capacité de la partager en temps réel.

Un autre exemple illustre l'usage des TI pour la réduction de la consommation papier : La carte "sésam-vitale". Avant sa mise en place, les français généraient près d'un milliard de feuilles de maladie par an. Ces documents papiers sont imprimés, mais en plus transportés et stockés (Petit, 2009). Cette carte est considérée comme une opportunité pour réduire l'empreinte carbone liée à cette activité médicale.

Le recours à la dématérialisation laisse croire que les TI permettent automatiquement d'économiser des ressources et de vivre dans un monde "propre". Cependant, il a été démontré qu'il s'agit du "mythe d'une société d'information durable" (Fuchs, 2008) ou d'une "fausse hypothèse" selon Rodhain et Fallery (2010). Ce que ces auteurs, à l'instar de Flipo et al. (2012), prouvent en livrant certains arguments :

D'abord, la dématérialisation de quelques services, tels que la télé-facture, la télé-déclaration fiscale ou l'e-paiement, réduit l'utilisation du papier, mais ceci ne peut être vrai que si l'utilisateur n'imprime pas ses documents et reçus électroniques.

Ensuite, les produits numériques et téléchargeables (livre, journaux, logiciel, musique, vidéo, etc.) remplacent les CD et les supports papiers. Néanmoins, la possibilité d'imprimer ou de graver ces données sur des supports physiques ne peut être écartée.

La dématérialisation ou la numérisation génère souvent un « effet rebond » ou "boomerang", c'est-à-dire qu'elle n'est pas associée, comme attendu, à une diminution de la consommation, mais à une augmentation de celle-ci, car le progrès technologique conduit le consommateur à consommer plus (Schneider, 2003).

Dans une étude française publiée par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire et le Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi, Breuil et al. (2008) constatent que globalement, les TI ont un apport positif pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre (équivalents CO₂). Toutefois, il est extrêmement difficile de quantifier avec précision cet apport.

Difficile donc d'affirmer que la dématérialisation contribue de manière positive à la préservation des ressources naturelles et au développement durable.

Après avoir montré les effets de l'usage des TI, en tant que support et outil d'information, au service du développement durable, nous montrons dans ce qui suit, ce que Drezet (2006) a nommé, les faces cachées des TI. Ces dernières ont des conséquences non négligeables sur l'environnement, la société et l'économie (PNUE, 2005; Drezet, 2006; Flipo, 2006; Flipo 2007; Flipo 2009; Gossart et al. 2009). La partie suivante expose de manière synthétique ces conséquences.

1.2. Les conséquences négatives des TI en matière de développement durable

Les TI, en tant que produit hardware, ont des conséquences économiques, sociales et environnementales négatives tout au long de leur cycle de vie. Nous présentons dans ce qui suit les conséquences des TI lors de leur production, leur usage et en fin de vie.

1.2.1. La production des TI

Pendant la production des TI, de nombreuses questions se posent concernant les matières premières nécessaires à leur fabrication ainsi que la consommation d'énergie induite, sachant que certaines matières sont considérées comme rares, chères et non renouvelables (le cuivre, l'or, le nickel...) (Christensen et al., 2007).

La production des TI réclame, en effet, une quantité de ressources considérable. A titre d'exemple, la fabrication d'un ordinateur de bureau avec son écran nécessite au moins 18 tonnes de matériaux divers, dont 240 kilos d'énergie fossile, 22 kilos de produits chimiques et 1500 litres d'eau (Drezet, 2006).

Le tableau suivant compare la quantité de combustibles utilisée pour la production d'une carte mémoire d'ordinateur, d'une voiture et d'un réfrigérateur.

Produits	(a) Combustibles fossiles incorporés (Kg)	(b) Poids du produits (Kg)	(a)/(b)
Puce 32 Mb DRAM	1,2	0,002	600
Voiture	1000	1200	0,83
Réfrigérateur	53	35	1,5

Tableau 1 : Contenu en énergie fossile de différents produits (Flipo et Gossart, 2008)

La fabrication d'une carte de mémoire requiert donc 600 fois son poids de combustibles fossiles. Vu le nombre des cartes fabriquées et vendues sur le marché, la quantité de matières premières nécessaires à leur fabrication est immensément importante.

Kuehr et Williams (2003) ont publié le détail de la consommation énergétique fossile nécessaire à la production de différents sous items d'un ordinateur personnel. Quelques exemples sont cités dans les deux tableaux suivants :

Consommation énergétique ...	pour un écran
Electricité (kWh)	87
Combustibles fossiles (consommation directe) (Kg)	198
Combustibles fossiles (consommation globale) (Kg)	226

Tableau 2 : Consommation énergétique pour la fabrication d'un écran plat (Kuehr et Williams, 2003)

Fabrication de matériaux ...	Combustibles fossiles nécessaires par ordinateur (Kg)
pour le boîtier de l'unité centrale	21
pour le boîtier de l'écran	22
pour les galettes de silicium	17
de base (acier, plastique, verre)	64

Tableau 3 : Combustibles fossiles nécessaires pour la fabrication d'un ordinateur (Kuehr et Williams, 2003)

Ces chiffres montrent que la production des TI requiert des quantités considérables de ressources naturelles parfois non renouvelables. Avec l'explosion du nombre d'ordinateurs dans le monde, la réduction de leurs cycle de vie, l'accélération du marché expliquée par la constante progression de la micro-électronique (microprocesseur, carte mémoire, etc...) et l'obsolescence programmée, les ressources naturelles s'épuisent davantage (Berthoud et al., 2007; Breuil et al., 2008; Drezet, 2006). Certains matériaux comme l'or, le cuivre, le terbium et le l'yttrium devenant rares, leurs prix augmentent ce qui se répercute sur le coût de revient des équipements informatiques.

1.2.2. L'usage des TI

Rodhain (2011) souligne que le téléchargement d'un quotidien consomme autant d'électricité qu'un lavage en machine, qu'un avatar dans le metavers, c'est à dire dans l'univers virtuel, Second Life consomme autant d'électricité qu'un brésilien ou deux camerounais. Les nouvelles technologies de l'information deviennent de plus en plus énergivores (Breuil et al, 2008). Il est même estimé que le coût de l'alimentation électrique informatique dans les entreprises pourrait atteindre 30% du budget informatique (Berthoud et al. 2007). Ceci fait suite à l'augmentation de la puissance et la miniaturisation des nouvelles générations de TI.

Comme l'explique Drezet (2006), la consommation augmente parallèlement avec la fréquence des processeurs informatiques. L'auteur cite l'exemple de la consommation de deux processeurs Intel et AMD qui sont passés respectivement de 18 W en 1996 à 130 W en 2006 et de 19 W en 1996 à 110 W en 2006. Selon le même auteur, « l'augmentation de la consommation a engendré une augmentation de la dissipation calorifique (climatisation), des puissances des onduleurs et des nuisances sonores (à cause de la ventilation) » (Drezet, 2006 : p 3).

J.A. Leitner, de l'Environmental Protection Agency (EPA, Etats-Unis), estime que la consommation des TI aux Etats-Unis en 2003 s'élevait à 3% de la consommation totale d'électricité. La consommation allemande est évaluée à 7%. En Suisse, la consommation électrique des TIC représente 10% de la consommation totale (Flipo et Gossart, 2008). En France, la consommation des technologies de l'information et de la communication augmente de 10 % par an depuis les dix dernières années (Breuil, et al. 2008). Selon Rodhain (2011), les TIC absorbaient, en 2008, 13,5% de la consommation électrique en France. Dans le secteur résidentiel, la consommation liée au TIC représente un tiers de la consommation globale.

En effet, selon Drezet (2006) et Flipo et Gossart (2008), la principale problématique de l'usage des TI est liée à leur consommation électrique, étant donné que l'énergie électrique consommée se transforme en chaleur rejetée dans l'atmosphère, générant ainsi une quantité importante de dioxyde de carbone (Flipo et Gossart, 2008).

Par ailleurs, l'ADEME (2007) a publié dans un rapport intitulé "Guide des facteurs d'émissions de bilan carbone" l'équivalent carbone de cette consommation : "un ordinateur de bureau à écran plat consomme, durant son utilisation, 350 kg en équivalent carbone" (p : 184).

Il est important de signaler que la production de l'électricité est en elle-même problématique. En France, la production est principalement basée sur des ressources non renouvelables (83,9%). Selon le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie du Développement Durable et de la Mer, moins de 8% de l'électricité est issue des sources renouvelables hydraulique, éolien et photovoltaïque, ce qui rend l'usage des TI encore plus polluant et nocif à l'environnement.

L'impact écologique des TI ne s'arrête pas à la fin de leur utilisation, comme nous l'aborderons dans le point suivant.

1.2.3. En fin de vie des TI

Les produits informatiques finissent tôt ou tard en déchets. Appelés e-déchets, ils rentrent dans la catégorie 3 des DEEE (Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques) (Flipo, 2006). Les produits numériques contiennent des substances toxiques qui nuisent à la santé et à l'environnement (l'antimoine, l'oxyde de baryum, le béryllium, le cadmium, le chlore, le brome, le plomb, le lithium, le mercure, les phosphores, l'arsenic, les retardateurs de flammes bromés, etc.) (Drezet, 2006). C'est une des raisons pour laquelle l'élimination de ces déchets est considérée comme une menace, voire une catastrophe tant que les produits ne sont pas recyclés c'est à dire réintroduits dans les cycles naturels (Flipo et Gossart, 2008).

Par ailleurs, le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) montre dans son bulletin d'alerte que ces déchets sont soit stockés chez les utilisateurs en tant que produits obsolètes, soit envoyés aux pays pauvres (vers des marchés d'occasions ou sous forme de don), soit recyclés². Flipo et Gossart (2008) notent que 50% à 80% des déchets des Etats-Unis sont exportés vers des destinations telles que la Chine, l'Inde ou le Ghana où le coût du recyclage est moins important.

² Banque Mondiale "World Development Indicators 2004", The Electronic Waste Guide, BAN, Silicon Valley Toxic Coalition, Greenpeace Chine 2002.https://docs.google.com/document/d/16wpSQYN7GX1njQhcTiswPIWeTC-VsEaZA3tndRNjZM/edit_ftn1

Selon DEWA/GRID-Europe³, 70% des DEEE mis en décharge à New Delhi (Inde) proviennent des pays industrialisés. Un documentaire⁴ réalisé par “Silicon Valley Toxic Coalition” montre l’état critique du démantèlement et du recyclage des produits TI. Exportés d’une manière illégale, ces e-déchets sont démontés avec des méthodes rudimentaires : à main nue, en utilisant des gaz, des solutions acides, et des fumées toxiques, etc.... Les ouvriers sont des hommes, des femmes mais aussi des enfants mineurs, souvent en bas âge. Leur travail consiste à extraire les matières chères comme l’or et le cuivre des cartes électroniques, le reste est jeté dans les forêts et les rivières qui se transforment au fur et à mesure en poubelles à ciel ouvert qui polluent énormément l’environnement.

En Chine, l’étude d’un échantillon d’eau de la rivière Lianjiang, proche d’un village de recyclage, a révélé des taux de plomb 2400 fois plus élevés que les standards préconisés par l’Organisation Mondiale de la Santé. Les échantillons de sédiments contenaient 212 fois plus de plomb que ce qui est considéré comme déchet toxique en Hollande (Flipo, 2006). Ces activités ont des retombées sur la santé humaine et l’environnement.

Une grande majorité des e-déchets envoyés vers l’Inde, la Chine ou le Ghana proviennent des pays de l’OCDE. En effet, l’absence de cadre réglementaire et de contrôle dans ces pays (Flipo et al. 2009) amplifient le problème et encouragent certaines entreprises de l’OCDE à envoyer des e-déchets en tant que “matériel d’occasion en état de fonctionnement” afin de contourner la loi.

Le tableau suivant récapitule les conséquences négatives des TI, sur les trois piliers du développement durable, tout au long du cycle de vie.

	Economie	Société	Ecologie
Production	Prix de la matière première	Conséquences de la pollution sur la santé publique	Pollution Epuisement des ressources naturelles
Utilisation	La facture énergétique Le coût de production électrique	Conséquences de la pollution sur la santé publique	Pollution Epuisement des ressources naturelles Réchauffement climatique
Fin de vie	Le coût du recyclage	Exportation illégale Travail non sécurisé Contournement de la loi Conséquences de la pollution sur la santé publique	Pollution de la terre et du sol

Tableau 4 : TI et DD : conséquences négatives

Si l’impact négatif économique, sociale et écologique relatif aux TI n’est pas négligeable, la question qui se pose est celle de sa réduction. Les chercheurs et les professionnels proposent le recours aux Green IT, en français Eco-TIC, comme moyen principal permettant d’amenuiser les conséquences négatives des TI (Ait-

³ DEWA/GRID-Europe est l’un des plus grands centres du PNUE (Programme des Nations Unies pour l’Environnement)

⁴ Intitulé Citizens at Risk : How Electronic Waste is Poisoning the Path Out of Poverty for India's Recyclers

Daoud et al. 2010). La seconde partie de ce papier met en lumière les pratiques et stratégies Green IT.

2. Les Green IT pour un management des TI respectueux des enjeux du DD ?

Le recours aux pratiques de management responsable et respectueux des enjeux du DD fait souvent référence au concept du « Green IT ». Nous tenons à signaler que le terme Eco-TIC est utilisé comme équivalent au terme anglo-saxon Green IT.

Le site France Terme qui regroupe sur son site tous les termes publiés au journal officiel indique ceci : La Commission générale a examiné et publié « éco-TIC » sur proposition du représentant de l'Académie des sciences, M. Michel PETIT, président de la section scientifique et technique du conseil général des technologies de l'information et président du comité de l'environnement de l'Académie des sciences. M. Michel PETIT s'était vu confier par Mme Christine LAGARDE, ministre de l'économie, de l'industrie et de l'emploi et par M. Luc CHATEL, secrétaire d'État chargé de l'industrie et de la consommation, porte-parole du Gouvernement, la mission de constituer un groupe de réflexion « éco-TIC » (green IT) visant à rendre les technologies de l'information et de la communication (TIC) moins polluantes et à favoriser leur utilisation au service du développement éco-responsable des entreprises. (Source : www.greenit.fr)

Eco-TIC a été créé en France le 12 juillet 2009 par la Commission Générale de Terminologie et de Néologie de l'informatique et des composants électroniques. Cette commission a publié dans le Journal Officiel⁵ le terme

« écotecnologie de l'information et de la communication » ou éco-TIC pour désigner les « techniques de l'information et de la communication dont la conception ou l'emploi permettent de réduire les effets négatifs des activités humaines sur l'**environnement** ». Nous utilisons dans ce document indifféremment Green IT et Eco-TIC.

Les Green IT engloberait donc différentes pratiques et technologies qui ont pour objectifs de prendre considération les enjeux du développement durable. Nous nous intéressons dans cette partie à discuter de manière concrète des pratiques responsables mises en place par les entreprises en matière des TI.

⁵ JORF n°0160 du 12 juillet 2009 page 11777 - texte n° 75
(<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020835844&dateTexte=>
)

2.1. Pratiques pour réduire les conséquences négatives des TI : Revue de la littérature

Dans ce qui a précédé, l'étude des conséquences négatives des TI est réalisée en fonction du cycle de vie. Nous suivons ce découpage pour présenter les pratiques de développement durable appliquées au management des TI. Nous montrons comment certaines technologies et stratégies permettent de réduire les conséquences des TI en phase de production, d'usage et de fin de vie.

2.1.1. Vers un nouveau modèle de production des TI : l'éco-conception

L'éco-conception est une démarche structurante dont l'objectif est de concevoir un produit de manière systémique, en mettant l'accent sur les interactions entre le produit et les différents éléments de son environnement (Patingre et Vigneron, 2001).

L'éco-conception exige de nouveaux modèles de production économique et des outils de gestion environnementale (Fuchs, 2008). L'objectif est d'étudier principalement, en amont, l'impact environnemental de chaque étape du cycle de vie du produit et de proposer des solutions visant à réduire cet impact. Il s'agit de déterminer les flux et la description de chaque processus élémentaire et de valider ces informations en se basant sur des données quantitatives préexistantes ou recherchées (Caillol, 2008).

Des méthodes qualitatives d'éco-conception, notamment l'Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie (ESQCV), visent à améliorer et à réduire de manière continue la conception des produits, en proposant des pistes d'amélioration. Nous montrons dans le tableau suivant un exemple de grille ESQCV.

	Extraction des matières premières	Production	Distribution	Utilisation	Traitement du produit usagé	Transport (t)
P1 Ex : Pollutions et déchets (quantité, toxicité)						
P2 Ex : Épuisement des ressources naturelles (quantité utilisée, origine renouvelable ou non, ressource abondante ou non)						
Px Ex : Bruits, odeurs, atteintes à l'esthétique						

Tableau 5 : La grille ESQCV (Patingre et Vigneron, 2001)

L'éco-conception est donc une démarche préventive qui consiste d'une part à éliminer les produits toxiques du circuit de fabrication des ordinateurs et d'autre part à produire des équipements moins gourmands en énergie, tout en consommant moins d'énergie lors de leur fabrication (Berthoud et al., 2007). L'éco-conception permet également, selon Flipo et Gossart (2008), d'augmenter le taux de recyclabilité des équipements

(Cf. figure 1). Cependant, ces chercheurs soulignent la difficulté d'éco-concevoir des TI écologiques, car même si les produits TI sont les mêmes dans le monde entier, les capacités de traitement varient énormément selon les territoires : il est presque impossible de prévoir des procédés de recyclage universels comme c'est le cas pour la production des TI.



Figure 1 : Cycle de vie de produit (Caillol, 2008)

L'éco-conception apparaît comme une solution, parmi d'autres, qui peut s'appliquer à la production des TI afin de rendre leur production plus responsable vis à vis de l'environnement. Il n'en demeure pas moins que ces solutions techniques sont fructueuses uniquement lorsqu'elles sont accompagnées d'une prise de conscience de l'utilisateur.

2.2.2. Réduire la consommation énergétique liée à l'usage des TI

Comme nous avons pu le voir précédemment, les TI sont consommateurs d'énergie aussi bien dans la phase de production que dans la phase d'utilisation. Pour y remédier les spécialistes militent pour une utilisation rationnelle de ces produits (Anderson et al., 2008).

Dans cette partie nous présentons quelques pratiques pouvant conduire à une réduction de la consommation énergétique liée à l'usage des TI.

La sensibilisation des utilisateurs

L'information des utilisateurs constitue un volet important de l'usage responsable des TI. Elle met à disposition des utilisateurs des gestes simples permettant d'économiser jusqu'à 80% de l'énergie dépensée par les ordinateurs (Berthoud et al. 2007).

Par exemple, éteindre son ordinateur à la fin d'une journée de travail permet théoriquement de diviser la consommation électrique par 5. Un calcul simple montre que sur une année (8800 heures) les heures de travail ne dépassent pas 2000 heures. Ainsi, arrêter un ordinateur le soir avant de rentrer permet un gain de près de 7000 heures de consommation par an. Selon Mr. Labranche, DSI de la Mairie de Chelles, le 26 mai 2009, lors d'une journée professionnelle sur les Green IT⁶, l'information et la

⁶ Organisée le 26 mai 2009 lemondeinformatique.fr

sensibilisation sur la consommation des TI ont permis de réaliser des économies d'énergie non négligeables. La mairie a mis en place un logiciel sur chaque ordinateur pour visualiser en temps réel la consommation individuelle. Cette initiative et bien d'autres ont permis de réduire la consommation électrique de 10%.

D'autres pratiques, cette fois informatiques, peuvent affecter la consommation énergétique. Citons par exemple la virtualisation des serveurs et des postes de travail, l'acquisition de Green data center ou le recours à l'informatique de nuage... Nous détaillons ici les deux pratiques les plus citées dans la littérature : La virtualisation et le Green Data Center.

La virtualisation

La virtualisation des serveurs est une solution logicielle qui consiste à regrouper sur un même serveur physique plusieurs serveurs logiques sans affecter la productivité (Loveland et al., 2008). En effet, un serveur utilise en moyenne rarement plus de 6% de sa capacité disponible. Dans certaines entreprises, jusqu'à 30 % des serveurs ne sont pas du tout utilisés. Or, ces serveurs gaspillent de l'énergie et occupent un espace précieux dans les centres informatiques⁷. Sachant qu'un serveur consomme de l'énergie indépendamment de son taux d'utilisation, la virtualisation a donc pour objectif de réduire le nombre de serveurs et par conséquent la consommation énergétique et la pollution y correspondant.

Le Green Data Center

Le Green Data Center est un entrepôt de stockage, de gestion et de diffusion de données où l'éclairage, l'électricité et les systèmes informatiques sont conçus pour une efficacité énergétique maximale et un impact environnemental minimal (Garreston, 2007, Brodtkin, 2009).

La construction d'un centre de données vert comprend des technologies de pointe et des stratégies spécifiques tels que minimiser les empreintes des bâtiments, minimiser l'énergie dépensée pour le refroidissement de l'infrastructure, utiliser des sources d'énergie alternative comme l'énergie photovoltaïque, les pompes à chaleur, ou le refroidissement par évaporation.

Les pratiques mises en place lors de cette phase de vie des TI se focalisent essentiellement sur la réduction de la consommation énergétique. Certains producteurs tentent, par ailleurs, de développer des équipements qui consomment moins d'énergie tout en améliorant le niveau de performance des équipements. Ce mouvement s'accompagne d'un fort taux de remplacement des TI, qui génère une grande quantité des déchets électroniques (e-déchets).

2.2.3. La règle des 3R pour mieux gérer les e-déchets

Après acquisition d'un produit de nouvelle génération, l'ancien se retrouve dans les placards ou dans le garage... Selon la définition donnée par Flipo (2006), un équipement électrique ou électronique (EEE) est en fin de vie lorsqu'il est hors

⁷ www-

05.ibm.com/innovation/be/smarterplanet/fr/itinfrastructure/?ca=content_body&met=be_smarterplanet_fr

d'usage, lorsqu'il est réparable mais le coût de la réparation est prohibitif, ou lorsqu'il fait partie d'un tout dont un élément est hors d'usage, ou encore lorsqu'il devient obsolète et qu'il est remplacé par un plus récent.

Selon le PNUE (2005), les nord-américains stockent en moyenne deux à trois ordinateurs obsolètes. On estime que les trois quarts des machines vendues aux Etats-Unis sont stockées en attendant d'être revendues ou recyclées. Depuis le 13 août 2005, la directive sur les Déchet d'Equipement Electrique et Electronique (DEEE) est entrée en vigueur dans les États membres de l'Union Européenne.

Elle promeut le recyclage et la réutilisation des équipements électriques et électroniques. Notons qu'une partie de ces déchets a une valeur économique positive, comme les cartes mères et les câbles qui contiennent des métaux précieux.

Afin de réduire les conséquences liées aux déchets informatiques, des procédures de réutilisation et de reconditionnement visant à allonger leur durée de vie pourraient être envisagées. D'autres procédures de recyclage sont également mises en place afin de traiter les déchets dans le respect de l'environnement. Nous exposons dans ce qui suit plus en détail ces procédures.

La réutilisation

Pour des contraintes d'obsolescence programmée ou de durée de vie comptable des ordinateurs (généralement 5ans), les entreprises sont dans l'obligation de renouveler leur parc informatique régulièrement. Les équipements informatiques se retrouvent donc en "fin de vie" malgré leur bon état de fonctionnement. Afin d'éviter tout gaspillage, il est recommandé de réutiliser les TI en les réattribuant en interne à des utilisateurs qui n'ont pas besoin de machines ultra performantes; il est également possible d'adresser les TI pour une réutilisation en dehors de l'entreprise (revente à prix bas ou don).

Le gouvernement français encourage la réutilisation des ordinateurs à travers le programme "Ordi 2.0"⁸. Le programme a pour objectif d'équiper la population modeste en mettant à leur disposition une plateforme de récupération d'ordinateurs en état de marche. Les donateurs des ordinateurs sont majoritairement des professionnels. Ces derniers sont exonérés des charges sociales et fiscales sur les dons.

Certes, La réutilisation est un moyen pour allonger la durée de vie du matériel de quelques années, cependant le problème n'est pas résolu pour autant, car ce matériel finira par s'ajouter au circuit des déchets mais ultérieurement.

Le reconditionnement

Le reconditionnement consiste à nettoyer et tester les différentes composantes de la machine et à changer uniquement les pièces défectueuses avant de revendre ou céder la machine. La production d'un ordinateur reconditionné coûte moins cher en énergie qu'un ordinateur neuf (Renaissance Numérique, 2010).

Le reconditionnement représente également un marché économique florissant. Les conséquences positives du reconditionnement sur le plan écologique et économique sont importantes.

⁸ www.ordi2-0.fr

En France, des entreprises se sont spécialisées dans le reconditionnement du matériel informatique. L'entreprise Eco-Informatique⁹ et ATF GAÏA¹⁰ en sont deux exemples. Ces entreprises rachètent des ordinateurs en fin d'amortissement auprès des professionnels, les reconditionnent et les revendent à petit prix au grand public.

De plus, selon le site Ordi 2.0, la majorité des professionnels du reconditionnement et du recyclage appartient au secteur de l'Economie Sociale et Solidaire (ESS), ce qui permet l'insertion professionnelle et/ou sociale de personnes en situation d'exclusion à travers le développement d'emploi destiné à des personnes peu qualifiées ou en réinsertion sociale.

D'autres solutions peuvent être envisagées lors du reconditionnement, comme par exemple installer des logiciels libres¹¹ afin de contourner le problème de l'obsolescence programmée des TI.

Le recyclage

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets qui consiste à réutiliser les matériaux existant dans les déchets pour la production de nouveaux produits. Le recyclage inclut le démontage, le déchiquetage, l'incinération... Parmi les méthodes de recyclage employées, on cite souvent la récupération des métaux par électro-aimants, la récupération de l'aluminium par courants de Foucault, et la récupération des métaux précieux par traitement électrochimique. La finalité du recyclage est d'extraire le maximum de minéraux qui deviendra de la matière première secondaire (Flipo, 2006).

Le recyclage permet de réduire les volumes des déchets, et donc leur pollution, et de préserver les ressources naturelles au travers de leur réutilisation.

C'est un procédé généralement coûteux dont le coût varie selon le niveau de traitement voulu (Flipo et Gossart, 2008). Le broyage direct est considéré comme le moins coûteux pour les entreprises (Flipo et Gossart, 2008) par contre le taux de perte des matières pouvant être recyclé reste très élevé.

Conclusion et pistes de réflexion

Nous avons tenté dans ce papier de mener une réflexion théorique en rapport avec les conséquences et les contributions des TI en matière de développement durable.

La littérature a été démontré que les TI contribueraient d'abord d'une manière positive au DD, notamment dans certains cas de substitution au transport et donc éviteraient alors la pollution générée par les déplacements.

Ensuite, les TI, en tant que support d'information, ont des conséquences néfastes sur l'environnement de par l'effet rebond relatif à leur usage. Nous avons constaté que la dématérialisation des produits (ex : livres, courrier, etc.) permet, a priori, d'économiser des ressources naturelles. Cependant, l'utilisateur aura toujours la possibilité de "re-matérialiser" ces produits en imprimant par exemple une fois voir même plusieurs fois. Nous avons également souligné la possibilité de dématérialiser certains services (télétravail, télé-déclaration, e-learning) pour éviter les

⁹ <http://www.eco-informatique.com/>

¹⁰ <http://www.atf.fr/>

¹¹ Les logiciels non propriétaires. A ne pas confondre avec logiciels gratuits.

déplacements, mais les études empiriques sur le sujet ont montré que les télétravailleurs, par exemple, se déplacent encore plus.

Et enfin, les TI, en tant que hardware, ont également des conséquences néfastes sur l'environnement tout au long de leur cycle de vie.

Pour conclure, si le rôle positif des TI dans la vie de tous les jours n'est plus à démontrer, leur apport en matière de RSE et de DD est mitigé. Les TI pourraient être considérées comme un moyen de mise en œuvre d'une politique plus efficace de développement durable (Breuil et al., 2008). Si elles sont bien employées, elles auraient des potentialités à promouvoir et à répondre aux objectifs du développement durable.

Selon les estimations, les TI pourraient permettre d'économiser de 1 à 4 fois leurs propres émissions de gaz à effet de serre (Breuil et al, 2008). Cependant, malgré les apports de l'usage des TI pour le développement durable dans différents domaines, il est difficile de quantifier cet apport (Breuil et al. 2008). L'usage des TI génère des conséquences secondaires provoquant ainsi des effets indésirables qui sont le résultat de l'effet rebond et de l'effet de complémentarité (Schneider, 2003; Fuchs, 2008 ; Rodhain et Fallery, 2010 ; Flipo et al. 2012).

Comment réduire ces conséquences négatives ? Les Green IT ou Eco-TIC apparaissent comme des solutions qui permettraient de contribuer de manière positive au DD. Mais les Green IT contribuent-elles réellement au développement durable ? La littérature apporte des réponses contrastées : certains pensent que les Green IT peuvent jouer un rôle important en se substituant au transport et en économisant les ressources naturelles nécessaires à la fabrication de certains produits, alors que d'autres, au contraire, soulignent que les Green TI sont générateurs de pollution à cause de leurs effets rebond.

Difficile donc d'évaluer l'apport des Green IT au DD, et pourtant le sujet ne cesse de gagner de l'ampleur que ce soit dans les médias, dans le milieu académique ou encore dans le milieu professionnel.

Afin de mieux comprendre l'engouement pour les Green IT, nous proposons de nous intéresser dans une future communication aux motivations explicatives de la mise en place de ce nouveau mode d'usage des TI.

Bibliographie

- Aïdonidis, C. et G. Pauletto (2007). e-Administration : enjeux et facteurs clés de succès, CTI, Observatoire technologique.
- Ait-Daoud, S., I. Bourdon et F. Rodhain (2011). La gestion des e-déchets dans un groupe industriel : étude exploratoire et perspectives de recherche. 16ème colloque de l'Association Information Management AIM, Saint-Denis, La Réunion.
- Ait-Daoud, S., J. Laqueche, I. Bourdon et F. Rodhain (2010). "Ecologie & Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) : une étude exploratoire sur les éco-TIC " Avenir et Management 9(39).

- Allouche, J. et O. Charpateau (2012). "Ethique et parties prenantes. Les enjeux philosophiques." Encyclopédie des ressources humaines **17**: 9.
- Anderson, G., P. J. Corriveau, D. DeVetter, F. Engelman, S. Ganapathy, R. F. Reed et A. Ross (2008). "Power Efficiency and Sustainable Information Technology." Intel Technology Journal **12**(4): 303-311.
- Bahmed, L., A. Boukhalfa et M. Djebabra (2005). "Eco-conception in the industrial firms: methodological proposition." Management of Environmental Quality **16**(5): 530.
- Bakos, Y., H. C. J. Lucas, W. Oh, G. Simon, S. Viswanathan et B. Weber (2005). "The Impact of Electronic Commerce on Competition in the Retail Brokerage Industry." Information Systems Research.
- Bengtsson, F. et P. J. Ågerfalk (2011). "Information technology as a change actant in sustainability innovation: Insights from Uppsala." Journal of Strategic Information Systems **20**(1).
- Bensebaa, F. et F. Boudier (2010). "Gestion des déchets dangereux et responsabilité sociale des firmes Le commerce illégal de déchets électriques et électroniques." Développement durable et territoires **Varia**.
- Berthoud, F., E. Drezet, V. Louvet et J.-L. Pons (2007). Comment se diriger vers une informatique durable? La septième édition des JRES (Journées Réseaux). 20-23 novembre - Strasbourg.
- Bordage, F. (2009). "Green IT : tentative de définition." from <http://www.greenit.fr/article/acteurs/green-it-tentative-de-definitio>
- Breuil, H., D. Burette et B. Flüry-Hérard (2008). "TIC et Développement durable." Conseil général de l'environnement et du développement durable (N° 005815-01) & Conseil général des Technologies de l'Information (N° IV-1.6-2008): 96 pp.
- Brodkin, J. (2009). "Measuring data center efficiency." Network World **26**(11): 15.
- Caillol, S. (2008). "Analyse de cycle de vie et éco-conception : les clés d'une chimie nouvelle." Réalités Industrielles **34**.
- Christensen, T. H., M. Godskesen, M.-B. Quitzau et I. Røpke (2007). "Greening the Danes? Experience with consumption and environment policies." Journal of Consum Policy **30**(91-116).
- Daly, M. et T. Butler (2009). Environmental Responsibility and Green IT: An Institutional Perspective. Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS'2009), Verona, Italy.
- Deltour, F. (2010). Peut-on produire des « TIC vertes » ? Equipementiers et parties prenantes dans le débat sur le caractère écologique des TIC. 15ème colloque de l'AIM. La Rochelle.
- Drezet, E. (2006). Les faces cachées de l'informatique : énergie et déchets. Admin06-Resinfo 05/2006. A. CNRS-CRHEA.
- Econologie (2006). "L'econologie en chiffres et en bref " Econologie: <http://www.econologie.com/la-consommation-mondiale-d-energie-articles-3282.html>.
- Elliot, S. (2007). Environmentally Sustainable ICT: A Critical Topic for IS Research?

Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS, 2007), Auckland, New Zealand

- Flipo, F., F. Deltour, M. Dobré et M. Michot (2012). Peut-on croire aux TIC vertes ? Technologies numériques et crise environnementale
- Flipo, F., C. Gossart, F. Deltour, B. Gourvennec, M. Dobré, M. Michot et L. Berthet. (2009). Technologies numériques et crise environnementale : peut-on croire aux TIC vertes ?, Université de Caen Basse-Normandie - Telecom et Management Sud Paris - Telecom Bretagne: 213.
- Garretson, C. (2007). "Inside a green data center." Network World **24**(43): 49.
- Jenkin, T., W. Jane et M. Lindsay (2011). "An agenda for 'Green' information technology and systems research." Information and Organization **21**: 17-40.
- JORF (2009). "écotechniques de l'information et de la communication (Définition)." JORF (Journal Officiel de la République française). from <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020835844&dateTexte=>.
- Kuehr, R. et E. Williams (2003). Computers and the environment: understanding and managing their impacts, Kluwer Academic. 300 pp.
- Loveland, S., E. M. Dow, F. LeFevre, D. Beyer et P. F. Chan (2008). "Leveraging virtualization to optimize high-availability system configurations." IBM SYSTEMS JOURNAL **47**(4): 15.
- Molla, A. et V. Cooper (2009). "Green IT readiness. A framework and preliminary proof of concept" Australasian Journal of Information Systems **16**(2): 19.
- Pensel, J.-L. (2008). Quelles perspectives pour l'Informatique responsable ? AIM. 13-14 décembre - Paris-Dauphine.
- Petit, M. (2009). "Les technologies de l'information et de la communication (TIC) au service du développement durable." Réalités Industrielles.
- Petit, M., H. Breuil et J. Cuegniet (2009). RAPPORT « Développement Eco-responsable et TIC (DETIC) ». 2009/05/CGIET/SG. <http://www.minefe.gouv.fr/services/rap09/2009-CGIET-DETIC-rapp.pdf>.
- PNUE (2005). "Les Déchets Electroniques, la face cachée de l'ascension des technologies de l'information et des communications." PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement). from http://www.grid.unep.ch/product/publication/download/ew_ewaste.fr.pdf.
- Rodhain, F. (2005). Appel à des recherches sur l'Ecologie et les TI. Xème Colloque de l'AIM. 22-23 septembre - Toulouse.
- Rodhain, F. et B. Fallery (2009). ICT and Ecology: In favour of research based on the responsibility principle. 4th Mediterranean Conference on Information Systems. 25-27 Septembre - Athens, Greece.
- Schneider, F. (2003). "L'effet rebond." Ecologiste. Edition française de The Ecologist **4**(3): 45.