



QuinteSciences

# Impacts écologiques des Technologies de l'Information et de la Communication

*Les faces cachées de l'immatérialité*

**Groupe ÉcoInfo**

# **Impacts écologiques des Technologies de l'Information et de la Communication**

**Les faces cachées de l'immatérialité**

Groupe EcoInfo

Liste des auteurs :

Coordonné par Françoise BERTHOUD

Philippe BALIN, Amélie BOHAS, Carole CHARBUILLET, Eric DREZET,  
Jean-Daniel DUBOIS, Cédric GOSSART, Marianne PARRY

Illustrations : Eric DREZET

Une version pdf accessible aux malvoyants est disponible

Les références bibliographiques sont accessibles à l'adresse suivante :

<http://www.ecoinfo.cnrs.fr/impacts-TIC>

email : [contact@ecoinfo.cnrs.fr](mailto:contact@ecoinfo.cnrs.fr)

Site web du groupe ecoinfo : [www.ecoinfo.cnrs.fr](http://www.ecoinfo.cnrs.fr)



Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-0761-1

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2012

# Préface

Des changements profonds et durables sont à l'œuvre dans nos sociétés du fait des Technologies de l'Information et de la Communication (TICs). Ces technologies permettent presque toujours d'accomplir de nombreuses tâches courantes plus rapidement, plus facilement et dans de meilleures conditions de sécurité des personnes que par le passé, même si parfois elles s'accompagnent d'une complexification de ces tâches et donc d'une certaine lenteur, et induisent des risques spécifiques.

Dans un tel contexte, nos sociétés se doivent de mener une réflexion de fond sur les innovations technologiques qu'elles promeuvent. La marche du progrès n'est pas écrite d'avance — en fin de compte, nous sommes les auteurs de ces innovations, les responsables de leur mise en œuvre, et la façon dont elles peuvent affecter nos modes de vie relève de choix qui nous appartiennent. Sur ce plan, l'un des plus grands défis à relever est de parvenir à concilier les besoins d'un nombre croissant d'individus tout en réduisant les impacts environnementaux de nos technologies, que ce soit en termes de ressources matérielles, d'émissions de gaz à effet de serre, ou de dissémination de déchets toxiques dans l'environnement. Les réponses à apporter à ces enjeux devront se fonder sur des principes de justice et d'équité à l'échelle de la planète.

On place beaucoup d'espoir dans la capacité des TICs à faciliter cette nécessaire transition vers une société durable. Pour qu'un tel espoir soit légitime, encore faut-il au préalable disposer d'une image aussi complète que non complaisante des impacts environnementaux des matériels électroniques eux-mêmes, tant au niveau local qu'à l'échelle globale.

C'est là l'objectif principal du présent ouvrage. Écrit par une équipe d'experts qui font autorité sur ces questions au niveau international, il constitue une étape importante dans l'analyse des impacts environnementaux des TICs. Cet ouvrage sans équivalent présente l'état de l'art sur la connaissance des impacts locaux et globaux de toute la chaîne (cycle de vie) de production, d'utilisation et de fin de vie des TICs, qu'il s'agisse de l'extraction des métaux et terres rares nécessaires à leur construction ou des émissions de gaz à effet de serre et autres polluants sur la totalité du cycle de vie. Sans concession sur le plan de la rigueur scientifique, l'ouvrage est néanmoins extrêmement agréable à lire tant pour l'expert que pour « l'honnête homme ». De fait, il est destiné à devenir une référence incontournable à l'université ou en école d'ingénieur pour tout enseignement portant sur les « technologies vertes » ; les départements concernés sont naturellement l'informatique, les télécommunications, l'électronique et l'électrotechnique, mais plus largement aussi les sciences de l'information ou de l'environnement.

Le quatrième chapitre élargit le cadre des préoccupations à des questions telles que l'influence du développement incessant des logiciels sur la demande matérielle, et plus généralement sur les aspects comportementaux, de même que sur les effets qu'ont les TICs sur les questions organisationnelles et structurelles de nos sociétés industrielles. De ce fait, il constitue l'une des contributions les plus originales de ce livre à la réflexion sur les TICs et dont la lecture est particulièrement riche en nouvelles perspectives.

Le lecteur tient donc entre ses mains un excellent ouvrage qui décrit en détail les liens existant entre les préoccupations environnementales et le rôle des TICs. Il est une référence indispensable pour tous les ingénieurs chargés de l'élaboration de technologies moins polluantes, plus généralement pour toute personne s'intéressant aux questions environnementales à l'ère numérique.

Zurich, septembre 2012

Prof. Dr. Lorenz M. HILTY

University of Zurich, Department of Informatics

Empa Materials Science and Technology, Technology and Society Lab

# Sommaire

<b>Sigles et abréviations</b> .....	7
<b>Qui sont les auteurs ?</b> .....	11
<b>Introduction</b> .....	15
<b>Chapitre 1</b> ● Les impacts .....	19
Introduction.....	19
1.1 Épuisement des ressources naturelles.....	20
1.2 Pollutions.....	44
1.3 Transformation des écosystèmes.....	62
1.4 Impacts connus actuellement sur le monde du vivant.....	68
<b>Chapitre 2</b> ● Les outils d'évaluation environnementale.....	81
2.1 Les enjeux de l'évaluation environnementale.....	82
2.2 Une méthodologie d'évaluation des impacts environnementaux basée sur la pensée du cycle de vie : l'analyse de cycle de vie (ACV).....	84
2.3 La communication environnementale.....	114
2.4 Conclusion .....	124

<b>Chapitre 3</b> ● Études de cas sur le secteur des TIC.....	127
Introduction.....	127
3.1 La production des TIC .....	129
3.2 Les services TIC.....	146
3.3 La fin de vie des TIC .....	161
3.4 Conclusion .....	177
Annexe 3.1 Les émissions d'un ordinateur tout au long de son cycle de vie (adapté de Bournay, 2008).....	179
Annexe 3.2 Impacts spécifiques aux services de traitement des données .....	180
Annexe 3.3 Impacts spécifiques à l'impression.....	182
Annexe 3.4 Localisation des ports et des sites de traitements des DEEE exportés .....	184
<b>Chapitre 4</b> ● Perspectives critiques .....	185
Introduction.....	185
4.1 L'influence de l'innovation technologique .....	186
4.2 Les facteurs comportementaux.....	198
4.3 Les facteurs organisationnels .....	203
4.4 Les effets structurels .....	206
<b>Conclusion</b> .....	219

# Sigles et abréviations

<b>ABS</b>	Acrylonitrile Butadiène Styène
<b>ACV</b>	Analyse de Cycle de Vie
<b>ADEME</b>	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
<b>ADN</b>	Acide DésoxyriboNucléique
<b>AFNOR</b>	Association Française de NORmalisation
<b>BAN</b>	<i>Basel Action Network</i>
<b>B2B</b>	<i>Business-to-Business</i>
<b>BBP</b>	<i>Benzyl butyl phthalate</i>
<b>BDE</b>	BromoDiphénylÉthers
<b>BGA</b>	<i>Ball Grid Array</i>
<b>BIOIS</b>	<i>BIO Intelligence Service (<a href="http://www.biois.com/">http://www.biois.com/</a>)</i>
<b>CD-ROM</b>	<i>Compact Disc - Read Only Memory</i>
<b>CEPI</b>	<i>Confederation of European Paper Industries (<a href="http://www.cepi.org/">http://www.cepi.org/</a>)</i>
<b>CFC</b>	ChloroFluoroCarbures



<b>CML</b>	<i>Centrum voor Milieukunde Leiden</i>
<b>CMOS</b>	<i>Complementary Metal Oxide Semiconductor</i>
<b>CNIID</b>	Centre National d'Information Indépendante sur les Déchets
<b>COV</b>	Composé Organique Volatil
<b>COVNM</b>	Composé Organique Volatil Non Méthanique
<b>CPU</b>	<i>Central Processing Unit</i>
<b>CRT</b>	<i>Cathode Ray Tube</i>
<b>DBO</b>	Demande Biologique en Oxygène
<b>DBP</b>	<i>Dibutyle Phthalate</i>
<b>DCO</b>	Demande Chimique en Oxygène
<b>DecaBDE</b>	DécaBromoDiphénylÉther
<b>DEEE</b>	Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques
<b>DEHP</b>	Di-2-ÉthylHexyle Phtalate
<b>DIDP</b>	Di-isodécyle Phtalate
<b>DINP</b>	Di-isononyle Phtalate
<b>DRAM</b>	<i>Dynamic Random Access Memory</i>
<b>DVD</b>	<i>Digital Versatile Disc</i>
<b>EITO</b>	<i>European Information Technology Observatory</i>
<b>ELISE</b>	Entreprise Locale d'Insertion au Service de l'Environnement
<b>EPA</b>	<i>Environmental Protection Agency</i>
<b>EPD</b>	<i>Environmental Product Declaration</i>
<b>ESQCV</b>	Évaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie
<b>EuP</b>	<i>Energy using Products</i>
<b>FAO</b>	<i>Food and Agriculture Organization</i>
<b>FFTb</b>	<i>Fibber-To-The-Building</i>
<b>FFTCab</b>	<i>Fibber-To-The-Cab</i>
<b>FFTH</b>	<i>Fibber-To-The-Home</i>
<b>FFT<sub>x</sub></b>	<i>Fibber-To-The-x</i>
<b>FSC</b>	<i>Forest Stewardship Council</i>
<b>GAO</b>	<i>Government Accountability Office</i>
<b>GES</b>	Gaz à Effet de Serre
<b>GeSI</b>	<i>Global e-Sustainability Initiative</i>
<b>GIEC</b>	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
<b>GRL</b>	<i>Goal-oriented Requirements Language</i>

<b>GSM</b>	<i>Global System for Mobile communication</i>
<b>GtC</b>	Giga tonne équivalent Carbone
<b>GWP</b>	<i>Global Warming Potential</i>
<b>HAP</b>	Hydrocarbure aromatique polycyclique
<b>HIPS</b>	<i>High Impact PolyStyrene</i>
<b>HP</b>	Haut-Parleur
<b>ICV</b>	Inventaire du Cycle de Vie
<b>IEA</b>	<i>International Energy Agency</i>
<b>IEEE</b>	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
<b>IES</b>	<i>Institute for Environment and Sustainability</i>
<b>ILCD</b>	<i>International Life Cycle Data System</i>
<b>INGEDE</b>	<i>International Association of the Deinking Industry</i>
<b>IPP</b>	<i>Integrated Product Policy</i>
<b>IRD</b>	Institut de Recherche pour le Développement
<b>ISDN</b>	<i>Integrated Services Digital Network</i>
<b>ISO</b>	<i>International Standards Organization</i>
<b>JRC</b>	<i>Joint Research Centre</i>
<b>LCA</b>	<i>Life Cycle Assessment</i>
<b>LCC</b>	<i>Life Cycle Cost</i>
<b>LCD</b>	<i>Liquid Crystal Display</i>
<b>MET</b>	matrice Matériaux-Énergie-Toxicité
<b>N/D</b>	Non Disponible
<b>NP</b>	Nonylphénol
<b>NPE</b>	Éthoxylates de nonylphénol
<b>OCDE</b>	Organisation de Coopération et de Développement Économique
<b>OctaBDE</b>	OctaBromoDiphénylÉther
<b>OIBT</b>	Organisation Internationale des Bois Tropicaux
<b>ONG</b>	Organisation Non Gouvernementale
<b>PBB</b>	PolyBromoBiphényle
<b>PBDD</b>	Dibenzodioxine polybromée
<b>PBDE</b>	PolyBromoDiphénylÉthers
<b>PBDF</b>	Dibenzofurannes polybromés
<b>PC</b>	<i>Personal Computer</i>
<b>PC</b>	PolyCarbonate

<b>PCB</b>	PolyChloroBiphényle
<b>PCDD</b>	PolyChloroDibenzo-p-Dioxine
<b>PCDF</b>	PolyChloroDibenzoFurane
<b>PDA</b>	<i>Personal Digital Assistant</i>
<b>PDM</b>	<i>Part De Marché</i>
<b>PFAS</b>	<i>PerFluorinated Alkylated Substances</i>
<b>PFOA</b>	<i>PerFluoroOctanoic Acid</i>
<b>PFOS</b>	<i>PerFluoroOctaneSulfonic acid</i>
<b>PNUE</b>	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
<b>POP</b>	Polluants Organiques Persistants
<b>PRG</b>	Potentiel de Réchauffement Global
<b>PVC</b>	<i>PolyVinyl Chloride</i>
<b>PWB</b>	<i>Printed Wiring Board</i>
<b>RFB</b>	Retardateurs de Flamme Bromés
<b>RNIS</b>	Réseau Numérique à Intégration de Service
<b>RoHS</b>	<i>Restriction of Hazardous Substances</i>
<b>RTC</b>	Réseau Téléphonique Commuté
<b>SACO</b>	Substances qui Appauvrissent la Couche d'Ozone
<b>SETAC</b>	<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i>
<b>SI</b>	Système d'Information
<b>SVTC</b>	<i>Silicon Valley Toxics Coalition</i>
<b>TBBPA</b>	<i>Tetrabromobisphenol-A</i>
<b>TFT</b>	<i>Thin Film Transistor</i>
<b>TIC</b>	Technologies de l'Information et de la Communication
<b>TPP</b>	Triphénylphosphate
<b>TV</b>	Télévision
<b>UCTE</b>	Union pour la Coordination du Transport de l'Électricité
<b>UMTS</b>	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
<b>UNEP</b>	<i>United Nations Environment Program</i>
<b>USA</b>	<i>United States of America</i>
<b>WCSP</b>	<i>Wafer Chip Scale Packaging</i>
<b>WUE</b>	<i>Water Usage Effectiveness</i>

# Qui sont les auteurs ?

Chercheurs, ingénieurs, ils sont presque tous issus du groupement de service ÉcoInfo (CNRS) et impliqués dans leur activité professionnelle sur ces sujets, ce qui leur a permis d'acquérir une grande compétence et beaucoup d'expérience sur les liens entre systèmes d'information et développement durable. Chaque section a été rédigée par un auteur concerné par le sujet qu'il traite en y apportant toute la rigueur et l'objectivité indispensable pour un ouvrage scientifique ; de plus, l'engagement de chacun ne se limite pas à la partie qu'il a rédigée mais s'étend à l'ensemble du livre.

Le groupe ÉcoInfo ([www.ecoinfo.cnrs.fr](http://www.ecoinfo.cnrs.fr)) porte son attention sur l'ensemble des impacts environnementaux et sociaux des équipements concernés par les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), qui recouvrent les équipements informatiques et leurs couches logicielles. Ces impacts concernent notamment les ressources naturelles non renouvelables, les pollutions locales, régionales et globales et les conséquences sur la vie humaine et la biodiversité. Le périmètre d'étude inclut les centres de données et serveurs, les postes de travail, les imprimantes et les autres équipements électroniques en usage fréquent dans nos organisations. Les approches méthodologiques retenues sont la réalisation d'analyses de cycle de vie de produits, la définition de bonnes pratiques, l'étude critique et

la synthèse d'articles scientifiques. Autour de ces thématiques et à partir d'un travail approfondi de veille scientifique et technologique, ÉcoInfo propose :

- De produire de la documentation et notamment des articles et livres de vulgarisation, des recommandations relatives à l'achat, l'usage, et la mise au rebut de ces équipements, des conseils sur l'hébergement, des expertises dans différents cadres, des formations, des séminaires et conférences.
- D'organiser des formations, des journées thématiques, des manifestations.
- De collaborer à des projets de recherche : gestion des ressources, pollutions locales, régionales et globales, impacts sur la biodiversité et la santé humaine etc.

### **Philippe Balin**

Ingénieur diplômé de Télécom Paris Tech, il a complété sa formation au Collège des Hautes Études en Environnement et Développement Durable. Après un parcours de dirigeant dans de grands groupes, il est désormais consultant de Solcap21, où il a un rôle de conseil et de formation dans le domaine du développement durable, notamment concernant les impacts environnementaux et sociaux des TICN. Il est également membre de l'Autorité de Régulation des Communications Électroniques et de la Poste.

### **Françoise Berthoud**

Après des études en écologie, elle s'est spécialisée en biomathématiques et en informatique. Aujourd'hui ingénieur de recherche en informatique au CNRS, elle est fortement impliquée dans le centre de calcul haute performance pour la recherche à Grenoble.

Co-créatrice et responsable du groupe ÉcoInfo depuis 2006, son implication porte sur les problématiques de pollution, les analyses de cycle de vie, les critères d'achat et les facteurs humains.

### **Amélie Bohas**

Actuellement en préparation d'un Doctorat Sciences de Gestion au Centre de Recherche Magellan (Université Lyon 3) et membre du groupe ÉcoInfo depuis 2010. Ses recherches portent sur les liens entre Systèmes d'information et Développement Durable, sur l'analyse des choix stratégiques des entreprises en la matière et sur les impacts environnementaux des TIC.

### **Carole Charbuillet**

Titulaire d'un doctorat Arts et Métiers ParisTech en génie industriel, elle est ingénieure de recherche à l'Institut Arts et Métiers ParisTech de Chambéry. Elle travaille sur l'intégration de la fin de vie des produits en conception, la mise en place des filières de valorisation et sur l'utilisation de l'analyse de cycle de vie pour la mesure des impacts environnementaux de ces filières.

**Éric Drezet**

Administrateur système et réseau dans un laboratoire étudiant les matériaux semi-conducteurs qui se retrouvent dans les composants électroniques, Eric Drezet est ingénieur d'études au CNRS et titulaire d'un DEST en génie informatique du CNAM.

Il est membre du groupe de travail ÉcoInfo depuis sa création. Il participe notamment à la définition des critères environnementaux et sociaux au niveau de l'appel d'offres du marché informatique dans le cadre du groupement des établissements de recherche et le suivi de ces critères pour le marché en cours.

**Jean-Daniel Dubois**

Ingénieur d'études au CNRS, administrateur systèmes et réseaux dans un laboratoire de recherche, et membre du groupe de travail ÉcoInfo.

**Cédric Gossart**

Titulaire d'un *PhD* de l'Université du Sussex (*SPRU-Science and Technology Policy Studies*), Cédric Gossart est maître de conférences à l'Institut Mines-Télécom (Télécom École de Management). Il est membre du groupe de recherche KIND (*Knowledge, Innovation, and Network Dynamics*) et coordonne la *Task Force Policy* du consortium international StEP (*Solving the E-waste Problem*).

**Marianne Parry**

Titulaire d'un DEA de toxicologie de l'environnement, après un passage par la recherche, elle devient rédactrice en chef pendant 5 ans d'une revue de veille technique et réglementaire sur l'écoconception et le management environnemental. Ingénieure d'études à Arts et Métiers ParisTech, elle travaille sur la mise en place de systèmes de management environnemental et forme des élèves ingénieurs et des étudiants en Mastère Spécialisé.

**This page intentionally left blank**

# Introduction

## Pourquoi ce livre ?

Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) jouissent d'une image d'industrie propre, non polluante, pouvant contribuer à la résolution des problèmes environnementaux. Cette perception, entretenue par les fabricants, les publicitaires, les politiques, est le fruit de notions largement diffusées comme la dématérialisation, l'informatique dans les nuages (*cloud computing*)... qui nous laissent croire que toutes ces infrastructures, tous ces équipements, n'ont guère d'impacts sur notre environnement. Cette croyance est encore relayée par le fait que les progrès en matière de réduction de la consommation énergétique ou encore des émissions de gaz à effets de serre dans ce domaine sont largement mis en avant tandis que les nombreux autres impacts, certainement aussi importants, sont passés sous silence.

La majorité des ouvrages présentant les problématiques environnementales engendrées par les TIC sont en langue anglaise et n'abordent que partiellement le sujet. Notre ambition est ainsi d'offrir un point de vue scientifique du sujet, en langue française, qui traite, aussi exhaustivement que possible, de l'ensemble des impacts environnementaux négatifs des TIC sur la base d'éléments quantitatifs actualisés et



pertinents. Nous avons fait le choix de ne pas aborder les effets sociaux engendrés par les TIC, non pas parce que nous les considérons comme négligeables, mais au contraire, parce qu'ils sont tellement importants qu'ils nécessiteraient que leur soit dédié un ouvrage à part entière. De même, nous n'avons pas retenu la contribution des TIC à la réduction de l'empreinte environnementale d'autres activités : en effet, on utilise trop souvent cet argument pour ne rien faire, prétendant que les effets négatifs des TIC sont largement compensés par leurs apports dans ces domaines.

L'ambition de ce livre est de faire clairement prendre conscience au lecteur que les TIC ont un impact concret sur l'environnement, bien loin de l'image dématérialisée qui nous est proposée par les industriels de ce secteur. Ainsi, le développement des TIC, tel qu'il s'effectue actuellement, génère une pression sur l'environnement déjà insoutenable à ce jour : il correspond à un besoin en ressources de plus en plus important et incompatible avec ce que la planète peut fournir et régénérer. À ce rythme, que restera-t-il pour les générations à venir ?

## De quoi traite ce livre ?

Cet ouvrage couvre l'ensemble des impacts négatifs directs et indirects des TIC sur l'environnement, aussi bien pour les phases de production et d'utilisation que de recyclage et d'élimination.

Le chapitre 1 est entièrement consacré à la présentation des différents impacts, à commencer par l'épuisement des ressources naturelles : en particulier les métaux et autres minerais, les énergies fossiles, le bois, et l'eau. Il aborde ensuite les différents types de pollutions occasionnés par les TIC : pollution de l'air, des sols et des eaux. Il expose par la suite les transformations des écosystèmes : les conséquences sur le réchauffement climatique, la déplétion de la couche d'ozone, l'acidification des océans, l'eutrophisation, la déforestation, et la désertification. Il se termine en détaillant les impacts connus actuellement sur le monde du vivant, et en particulier les impacts sur la biodiversité, la santé et la vie humaine.

Le chapitre 2 répertorie les différents moyens de calculer les impacts sur l'environnement de produits ou de services associés aux TIC. Les enjeux de l'évaluation environnementale y sont abordés ainsi que l'intérêt d'utiliser une méthodologie basée sur l'Analyse de Cycle de Vie (ACV). Dans cette perspective, une définition de l'ACV est proposée, les étapes de cette méthode y sont détaillées (orientation de l'étude, Inventaire du Cycle de Vie - ICV, évaluation des impacts qui sont classifiés et caractérisés de manière explicite et interprétation), avant de faire l'objet d'une analyse critique. Au terme de ce chapitre, les limites de l'utilisation de l'ACV sont évoquées et une revue des modes de communication environnementale à disposition des entreprises ainsi qu'une analyse de l'utilisation qu'elles en font sont réalisées.

Le chapitre 3 présente les résultats d'études montrant les impacts environnementaux réels des principaux équipements électroniques qui peuplent notre quotidien, au domicile comme au bureau. Il aidera le lecteur à prendre conscience que

L'industrie des TIC est, contrairement à son image immatérielle, un des secteurs industriels pesant le plus sur l'environnement. Par des exemples concrets, ce chapitre présente les impacts environnementaux survenant aux différentes phases de la vie des produits et des services de cette industrie. Enfin, ce chapitre donne des clefs pour mieux appréhender les limites des outils utilisés et comprendre l'importance des hypothèses retenues dans les études sur les résultats obtenus.

Le chapitre 4 analyse comment les nouvelles fonctionnalités, la course à la nouveauté, le couple infernal logiciels/machines, l'obsolescence programmée dans le secteur des TIC et notre comportement de consommateur, sont des facteurs importants d'accélération du renouvellement des équipements. La recherche de l'efficacité organisationnelle, le rôle de la gestion intégrée, l'économie de la fonctionnalité, la quête de la croissance économique grâce à l'usage des TIC, la diffusion généralisée des TIC, l'augmentation de la vitesse de transmission des informations et l'accélération du temps sont également étudiés afin de bien comprendre les enjeux et surtout les limites de ces phénomènes. Enfin, ce livre serait incomplet si les effets rebonds et les limites de l'optimisation n'étaient pas abordés.

## À qui s'adresse ce livre ?

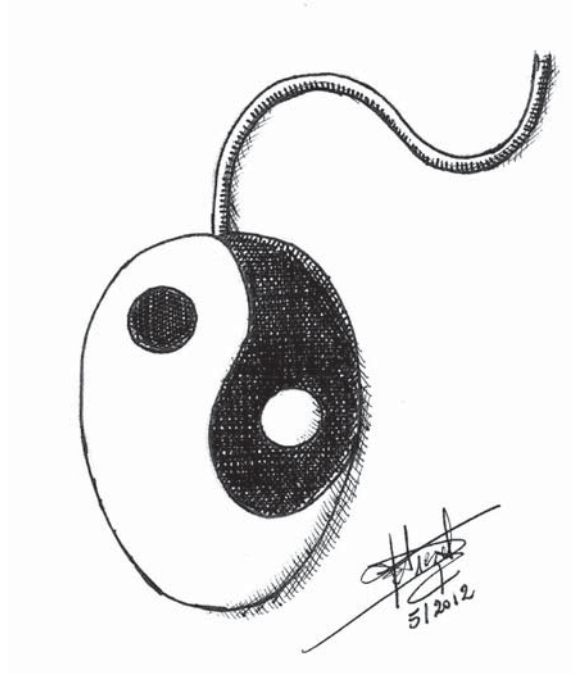
Ce livre est avant tout destiné à celles et ceux qui souhaitent disposer d'une vision aussi objective que possible sur les impacts environnementaux des TIC, afin, par exemple, de devenir des consommateurs et des utilisateurs responsables, capables d'agir et de choisir en connaissance de cause. Il pourra aussi constituer une référence pour tous ceux et celles qui travaillent dans les entreprises concevant, fabriquant ou développant des TIC. Il leur permettra de disposer de nombreux éléments susceptibles de les inciter dans la mise en place d'un plan d'action visant à réduire les impacts environnementaux négatifs de ces technologies.

Cet ouvrage sera aussi très utile aux personnels de direction des systèmes d'information qui ont la charge de l'installation, de l'achat, du renouvellement et/ou de l'exploitation d'équipements informatiques. Il devrait les inciter à initier une multitude d'actions en faveur d'une informatique plus responsable. Tous les acteurs œuvrant pour la responsabilité sociétale des entreprises trouveront aussi dans ce livre de nombreux éléments pour aider les directeurs des systèmes d'information à participer à la réduction de l'impact environnemental de leur entreprise.

Ce livre s'adresse également aux chercheurs, car il reste encore beaucoup de champs de recherche à investir et de travail à accomplir, aussi bien dans la collecte et la pertinence des informations que dans l'amélioration des outils de calcul des impacts.

Enfin, cet ouvrage pourra servir de manuel de référence à tous les étudiants (étudiants en faculté, élèves ingénieurs, futurs techniciens, ...) qui souhaitent travailler de près ou de loin dans le domaine des technologies de l'information. La bibliographie très documentée incluse dans ce livre leur permettra d'aller plus loin dans leurs recherches.

Dernier point avant de vous laisser à la lecture de cet ouvrage, nous tenions à signaler que nous avons, sans préméditation aucune, respecté une parfaite parité homme-femme dans la composition de l'équipe des auteur(e)s engagé(e)s dans cette aventure.



# Les impacts

*« Il y a assez de ressources sur cette planète pour répondre aux besoins de tous, mais pas assez pour satisfaire le désir de possession de chacun. »*

Gandhi

## Introduction

Si les nouvelles technologies sont susceptibles d'offrir un potentiel important de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES<sup>1</sup>), la multiplication des équipements et des usages liés aux TIC engendre de très lourds impacts sur l'environnement.

---

1. Gaz à effet de serre : principalement le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>, près de 70 % des émissions anthropiques) issu essentiellement de la combustion des énergies fossiles ; le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O, 16 % des émissions) provenant des activités agricoles, de la combustion de la biomasse et des produits chimiques ; le méthane (CH<sub>4</sub>, 13 % des émissions) principalement généré par l'agriculture et 2 % des émissions pour les gaz fluorés (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>) ; les deux derniers étant utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs et ayant un pouvoir de réchauffement ainsi qu'une durée de vie très largement supérieure au CO<sub>2</sub>.

