

Réseau Thématique n°8 : TIC et Environnement

1. Introduction

Une définition assez précise du réseau thématique (RT) « TIC et Environnement » de l'Institut Mines-Télécom est élaborée afin de déterminer un programme de travail cohérent. Néanmoins, cette définition est assez large pour permettre de rassembler un grand nombre de travaux réalisés dans nos écoles. Le secteur des TIC contient à la fois des matériels (*hardware*) et des logiciels et bases de données (*software*), selon une définition proposée par l'OCDE¹. Le second terme de l'intitulé du réseau – l'environnement – regroupe, quant à lui, cinq systèmes au sein desquels évolue l'espèce humaine : l'environnement spatial, l'environnement terrestre, l'environnement atmosphérique, l'environnement côtier, et l'environnement marin (voir 1^{er} niveau de l'architecture du RT8 décrite ci-dessous). Cette acception permet d'intégrer les recherches mobilisant les TIC (voir 2^{ème} niveau) pour interagir avec ces environnements en vue de résoudre les crises écologiques, mais aussi de répondre à d'autres besoins sociétaux comme par exemple la prévention des risques naturels (voir 3^{ème} niveau). L'architecture du RT8 découle de ces deux définitions ; elle comporte trois niveaux complémentaires qui permettent d'intégrer toutes les recherches réalisées dans notre institut sur le thème « TIC et environnement ».

2. Architecture du réseau thématique

Sur la base des définitions proposées ci-dessus, l'architecture du réseau se décline en trois niveaux complémentaires (voir Annexe 1), qui permettent d'intégrer l'ensemble des recherches menées au sein de l'Institut sur le thème « TIC et environnement ». Le premier niveau décline les différents milieux environnementaux de notre planète, avec lesquels les humains sont susceptibles d'interagir, notamment par l'intermédiaire des TIC. Le deuxième est le niveau technologique : il regroupe les recherches portant sur les TIC dans leur rapport à l'environnement (systèmes d'information environnementaux, écoTIC, usage de ressources épuisables et pollutions). La finalité recherchée consiste à montrer l'apport des TIC au service de l'environnement en relation avec les utilisateurs finaux parties prenantes du troisième niveau. Enfin, ce dernier niveau regroupe les travaux de recherche portant sur des grands domaines d'utilisation des résultats produits par le deuxième niveau en vue de produire des bénéfices sociétaux (analyses de risques, maîtrise de la consommation énergétique, préservation des écosystèmes, ...).

1^{er} niveau : L'environnement

Comme défini précédemment, « l'environnement » couvre les cinq systèmes suivants, au sein desquels vivent les humains dans un processus d'interactions croisées (coévolution) :

- L'espace
- L'atmosphère
- Le domaine terrestre
- Le domaine côtier
- Les océans

¹ Voir www.oecd.org/dataoecd/38/58/38228300.p

Les TIC peuvent être mobilisées pour observer et agir sur ces interactions (voir 2^{ème} niveau). L'utilisation des « TIC au service de l'environnement » (2^{ème} niveau) va produire des résultats dont vont s'emparer les « utilisateurs finaux » en vue de générer des « bénéfices sociétaux » (3^{ème} niveau).

2^{ème} niveau : Les TIC dans leur rapport à l'environnement

Les TIC peuvent être mises « au service de l'environnement » pour un bien-être sociétal de plusieurs manières. Premièrement, elles peuvent être utilisées pour mieux connaître cet environnement (*monitoring*), ou pour réduire les impacts écologiques d'autres secteurs (e.g. le secteur énergétique) : on parle alors d'*IT for green* ou de « Systèmes d'Information Environnementaux » (SIE : par exemple l'observation des forêts peut permettre de mieux les protéger). Les recherches portant sur les SIE pour le *monitoring* de l'environnement peuvent se décliner en quatre catégories :

- Acquisition des données (capteurs, plateformes, ...),
- Transport des informations (aériens, réseaux, ...),
- Traitement et détection (de processus géophysiques et écologiques décrits par des modèles),
- Analyse des informations (détermination de paramètres pertinents, construction de modèles, simulations, ...).

Par ailleurs, les TIC peuvent être mises au service de l'environnement en réduisant leurs propres impacts écologiques (e.g. grâce à l'écoinnovation pour réduire les consommations énergétiques ou les déchets d'équipements électriques et électroniques -DEEE) : on parle alors de *green IT* ou d'écoTIC (matérielles ou logicielles). Cette stratégie commence par l'analyse de ces impacts, notamment par des méthodes d'analyse du cycle de vie (ACV). Les TIC peuvent cependant être dommageables pour l'environnement de diverses manières : consommation de ressources épuisables, émission de gaz à effet de serre, consommation d'énergie, utilisation de toxiques qui finissent par être relâchés dans l'environnement etc. Le RT entend participer à construire une information plus complète dans ce domaine en étendant l'étendant aux Ecoles des Mines.

Les compétences actuelles d'une partie des chercheurs et chercheuses de l'Institut se situent principalement au niveau de l'*IT for green*, à savoir des systèmes d'information environnementaux (SIE : réseaux de capteurs, *smart grids*, *monitoring*, ...). Cependant, un nombre croissant de travaux sont réalisés dans le domaine du *Green IT* (écoTIC) : on y trouve par exemple des travaux portant sur bilan des impacts écologiques du secteur des TIC, ainsi que des recherches sur les stratégies mises en œuvre pour y faire face, comme l'écoinnovation matérielle et logicielle. L'École des Mines de St-Étienne a par exemple organisé le colloque « STIC & Environnement ». Les chercheurs et chercheuses de l'Institut ont donc des compétences pluridisciplinaires et sont capables aussi bien de développer des TIC au service de l'environnement, de les utiliser et d'en diffuser les résultats, que de porter un regard critique et constructif sur leurs usages.

3^{ème} niveau : Les utilisateurs finaux et le bien-être sociétal

Le développement de SIE et d'écoTIC produit des résultats (nouvelles informations, technologies, pratiques, ...) dont vont pouvoir s'emparer les acteurs (« utilisateurs finaux ») afin de générer des bénéfices sociétaux (protéger les écosystèmes naturels, prévenir différents types de risques, concevoir de nouveaux produits et services, ...). Le lien entre les TIC et les utilisateurs finaux passe en grande partie par les collaborations interdisciplinaires avec les thématiciens (sciences de l'Univers), ce qui constitue l'un des points forts du RT8.

Le développement de SIE et d'écoTIC produit des résultats (nouvelles informations, technologies, pratiques, ...) dont vont pouvoir s'emparer les acteurs (« utilisateurs finaux ») afin de générer des bénéfices sociétaux (protéger les écosystèmes naturels, prévenir différents types de risques, concevoir de nouveaux produits et services, ...). Le lien entre les TIC et les utilisateurs finaux passe en grande partie par les collaborations interdisciplinaires avec les thématiciens (sciences de l'Univers), ce qui constitue l'un des points forts du RT8.

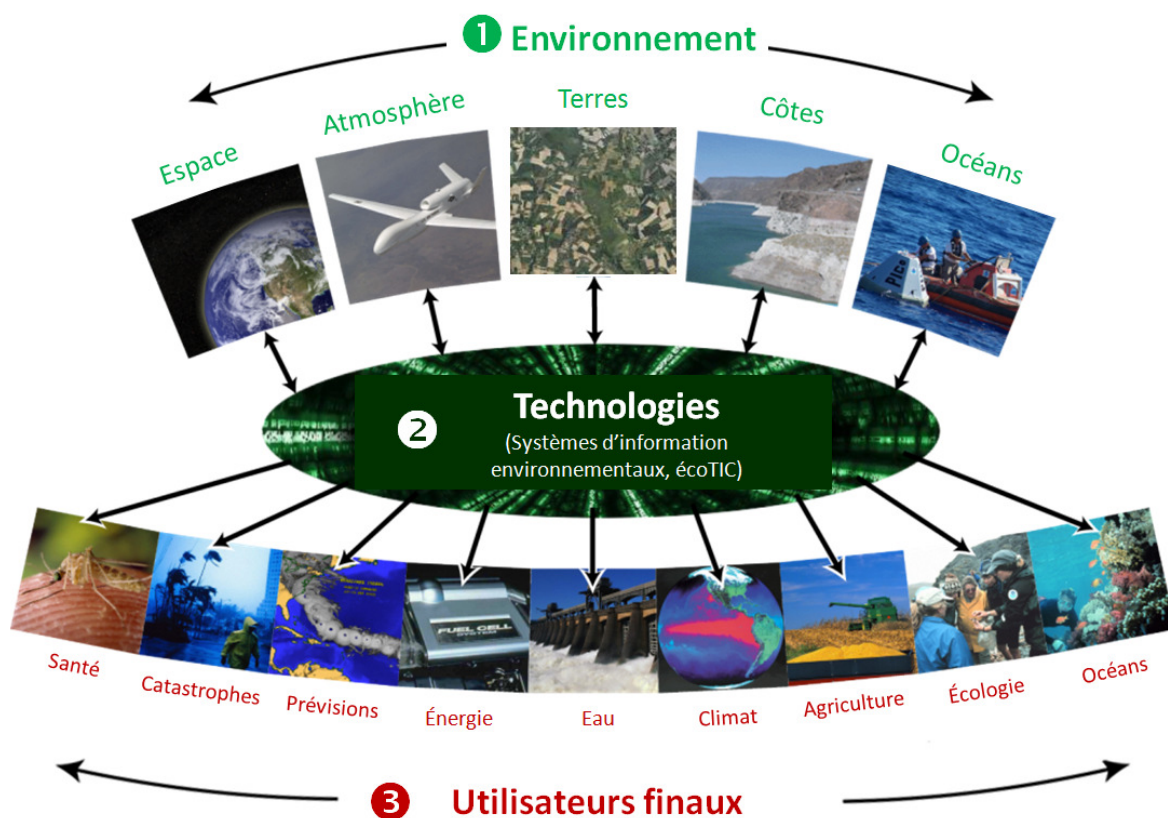
Cependant, ces technologies sont des moyens parmi d'autres dont disposent les utilisateurs finaux dans leur rapport à l'environnement, dont la « crise » est reconnue depuis plusieurs décennies. L'intégration de la question environnementale dans les organisations et dans la société se fait au travers de toutes sortes de médiations que les travaux du RT vont contribuer à éclairer : économie de l'attention, cohérence ou caractère contradictoire des politiques et des informations publiques, stratégie des entreprises ou des autorités publiques en matière de déploiement de tel ou tel service ou contenu d'information, etc.

Nous proposons dans l'Annexe 2 une classification de ces résultats par grands domaines. Cette liste non-exhaustive répertorie les domaines liés aux utilisateurs (end-users) étant susceptibles de bénéficier des informations et autres résultats produits par les chercheuses et chercheurs de l'Institut. Elle est à compléter par ces derniers, y compris par nos collègues des écoles des Mines.

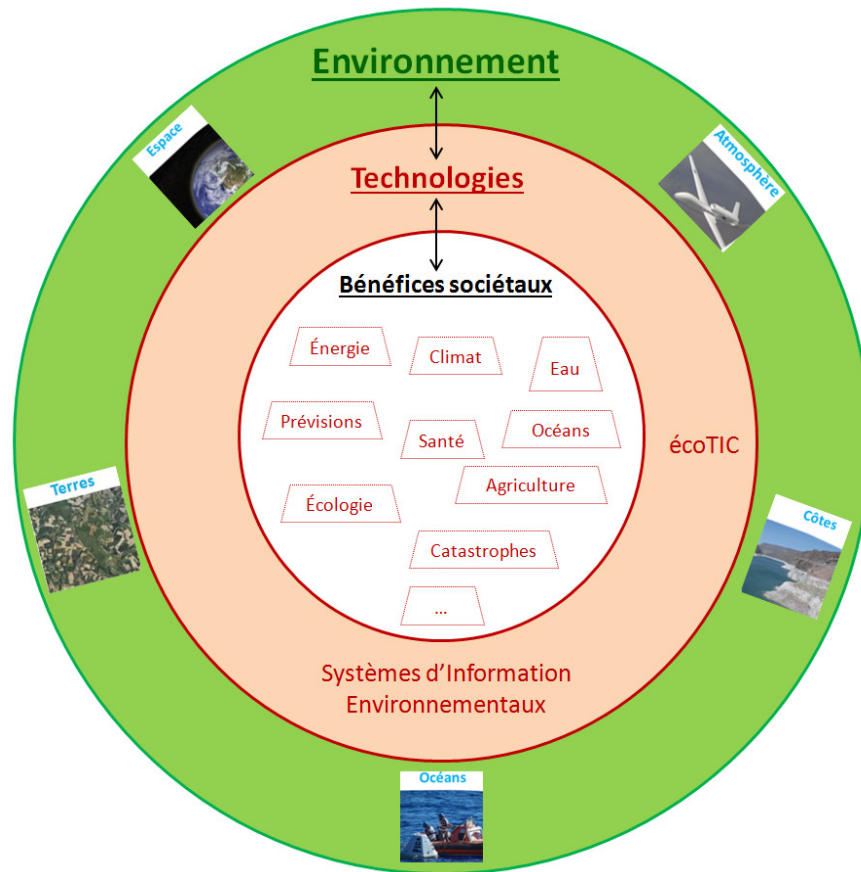
3. Conclusion et perspectives futures

Ce document a présenté les contours du réseau thématique « TIC et Environnement », RT8, de l'Institut Mines-Télécom (voir liste des membres de son comité de pilotage en Annexe 3). Le RT8 permettra de pallier le manque de mises en relation d'expertises complémentaires, encore relativement cloisonnées au sein de l'Institut. En effet, les réseaux thématiques ont vocation à collaborer entre eux, et des thèmes communs existent entre plusieurs des RT et le RT8. Sur la base de ce document, une première cartographie de ces interfaces est à réaliser. Une seconde cartographie, tout aussi importante, consistera à identifier les équipes proches du domaine RT8 dans les Écoles des Mines.

Annexe 1a : Architecture du Réseau Thématique TIC & Environnement



Annexe 1b : Représentation systémique du RT8



Annexe 2 : Domaines d'utilisation pour les TIC au service de l'environnement

TIC pour l'environnement : le bien-être social lié au secteur énergétique

Des capteurs intelligents (*smart meters*) aux réseaux intelligents (*smart grids*), nombreux sont les bénéfices que peuvent apporter les TIC aux acteurs s'intéressant aux enjeux énergétiques. Par exemple, dans la perspective de la mise en place des *smart grids*, TSP (Télécom SudParis) travaille avec Renault et EDF sur l'utilisation des TIC afin de favoriser le stockage d'électricité dans les batteries des véhicules électriques la nuit quand celles-ci sont au repos. De même, la réduction du coût énergétique fait l'objet d'études sur les transports en commun intelligents avec optimisation du taux d'occupation des transports ferroviaires. Enfin, l'aspect économie d'énergie et réduction d'ondes électromagnétiques est un domaine très riche et prégnant dans toutes les activités « *wireless* ».

Le groupe TELICE de TL1 (Télécom Lille 1) a une activité importante dans le domaine des communications sur les lignes d'énergie (CPL). L'équipe a étudié la possibilité d'utiliser le réseau d'énergie des véhicules comme réseaux de communications. Et récemment, l'industrie aéronautique s'est intéressée à la solution CPL dans le cadre du développement de l'avion « plus électrique ». Des études théoriques de caractérisation, modélisation et calcul de performances de liaisons pour ces diverses applications aéronautiques sont en cours, en parallèle à des expérimentations rendues possibles grâce à l'utilisation d'un modem versatile haut débit développé par IEMN/Telice. Enfin, le projet intitulé « Smart City » s'intéresse à la coexistence des CPL associés au SmartGrid avec les CPL « in-home ».

Plusieurs chercheurs de TEM (Télécom École de Management) sont impliqués dans un projet FP7 portant sur l'écoconception des LED (<http://www.cyc-led.eu>), qui recèlent un fort potentiel d'économies d'énergies mais dont l'écoconception peut être largement améliorée notamment pour mieux gérer leur fin de vie et pour limiter la dépendance européenne aux terres rares et autres métaux précieux qu'elles contiennent.

TIC pour l'environnement : le bien-être social lié au milieu maritime

• *la surveillance maritime*

Ce domaine est un point fort des équipes brestoise (Télécom Bretagne -TB), aussi bien dans le domaine aérien que sous-marin et plus particulièrement au niveau côtier : cela inclut les communications sous-marines entre capteurs et entre engins sous-marins ou aériennes vers des mobiles off-shore. Les considérations de pollutions marines entrent aussi dans ce contexte. Les aspects relié à la production d'énergie (éoliennes marines, etc.) et à sa gestion est à considérer. Les TIC permettent de suivre les pollutions pétrolières en permettant d'identifier les auteurs de dégazages qui représentent la grande majorité des pollutions maritimes d'hydrocarbures, loin devant les accidents de tankers. Ce domaine s'appuie sur les interactions transdisciplinaires avec les équipes reliées à l'École doctorale des Sciences de la Mer (UBO - Institut Universitaire Européen de la Mer, Ifremer) et avec le Pôle de Compétitivité Mer-Bretagne, en collaboration des industriels tels que THALES, CLS, IxBlue, SERCEL, DCNS, ...

• *le système océan*

Les TIC ont un rôle important à jouer dans l'étude et la modélisation des dynamiques des systèmes océaniques. De manière générale, il s'agit de développer des outils et méthodes permettant à partir d'observations (par exemple, la télédétection spatiale de la surface de l'océan, télédétection acoustique sous-marine, acoustique passive) et/ou de sorties de modèles numériques opérationnels d'extraire, caractériser et modéliser les dynamiques, éventuellement conjointes, des composantes caractéristiques abiotiques (par exemple, paramètres géophysiques tels que les courants, les vagues, des traceurs géophysiques (salinité, température,...) et biotiques (par exemple, production primaire, traits de vie individuels des organismes marins, structuration spatio-temporelle des populations marines, notamment d'intérêt halieutique, (par exemple, plancton, poissons, prédateurs supérieurs).

Ces développements doivent notamment permettre d'appréhender l'impact du changement du climatique notamment en termes d'évènements extrêmes (par exemple, prévision des hauteurs de vagues sur les côtes françaises si tempête au milieu de l'Atlantique, prévision des risques de dépassement de digues comme avec Xynthia ou Fukushima). Les écosystèmes marins côtiers sont identifiés parmi les problématiques thématiques centrales dans les années à venir du fait des enjeux socio-économiques associés (par exemple, le suivi et l'impact de l'aménagement dans les zones littorales et portuaires).

TIC pour l'environnement : le bien-être social lié au milieu terrestre

• *l'évolution climatique*

Ce terme générique est transversal aux autres aspects qui sont développés ici. Les différentes composantes de l'environnement (agriculture, forêts, ressources en eau, océans, ...) et les interactions avec les TIC sont bien évidemment concernées. Le projet MEGATOR (TPT) visant à suivre l'évolution des glaciers de la vallée de Chamonix est un exemple de l'usage

que l'on peut faire des TIC pour l'observation objective de changements ayant un impact potentiel sur le climat.

- ***l'agriculture***

Les TIC peuvent par exemple favoriser une gestion intégrée des pesticides (*Integrated Pest Management*), permettre de détecter des plantes invasives pour anticiper l'eutrophisation ; de modéliser les bassins versants pour suivre l'écoulement des eaux et mettre ainsi en évidence l'impact des nitrates sur l'apparition des algues vertes ; de suivre l'évolution des « corridors écologiques » où circulent différentes espèces en vue de mieux les protéger ; etc. L'École des Mines d'Alès a travaillé à des mesures de vents pour aider les agriculteurs à savoir quand ils peuvent procéder à l'épandage. Une partie de l'équipe TOMS (LabSTICC - TB) à Brest participe au GIS BreTel (Bretagne Télédétection) et supervise des activités dans ce domaine (cf. www.bretel.eu).

- ***les ressources en eau et les forêts***

Les acteurs s'intéressant à la ressource en eau pourront par exemple s'appuyer sur les TIC pour le monitoring des zones de sécheresse, et ceux concernés par les forêts pour suivre l'évolution de la couverture forestière ou pour prévenir les incendies, le tout en lien avec le suivi de la biodiversité. Des travaux ont été développés dans le cadre du projet EuroGEOSS (www.eurogeoss.eu). Un accent très fort était mis sur l'interopérabilité et les avantages sociétaux et économiques de telles approches. Ce domaine est peu abordé, en tant que tel, à l'Institut, mais doit faire partie de nos préoccupations futures.

TIC pour l'environnement : le bien-être social lié à la prévision et gestion des risques

- ***les risques de pollution***

Les réseaux de mesure de la qualité de l'air en Europe offrent un bon exemple du rôle joué par les TIC pour faire face au défi de la pollution atmosphérique, des capteurs à la diffusion des données au grand public en passant par les modèles d'analyse des pollutions². L'École des Mines d'Alès travaille notamment sur les risques industriels environnementaux (e.g. cartographie de la vulnérabilité de l'homme et l'environnement).

Des chercheurs de TL1 s'intéressent à la problématique de la localisation de sources polluantes par un réseau de capteurs, l'estimation de leurs caractéristiques (masse, instant de rejet, type de rejet) ainsi que la prédiction de l'évolution de la toxicité. Sur cette problématique qui est un enjeu majeur pour la sauvegarde des écosystèmes pollués, Telecom Lille1 développe un partenariat avec le CEA (division DAM).

L'accroissement récent du volume et de la diversité des données relatives aux problématiques sociales et environnementales, permettent une appréciation quantitative de la dynamique liée à la fois aux activités humaines et à leurs impacts. Ces mêmes données ont aussi permis le développement de modèles, ainsi que d'un courant : la mise en place d'une analyse des risques systémiques liées aux activités humaines (transport, énergies). Ce courant analyse également l'impact d'évènements climatiques sur les activités humaines et des interdépendances complexes qui existent entre ces deux réalités. Par exemple, un projet de large envergure

² Voir e.g. <http://www.airparif.asso.fr/>.

autour de cette thématique : le « Reality mining » (Future ICT : <http://www.futurict.eu>) dans le cadre d'un projet européen de type FET Flag Ship Pilot Project. Une équipe liée à Eurecom et les Mines de Sophia Antipolis a une activité forte dans le domaine de la gestion des risques. Par ailleurs, l'Institut (au travers du site toulousain de Télécom Bretagne) développe les activités autour des communications spatiales pour la gestion de crise (p.ex. modélisation de services et réseaux, alerte multimodale).

TIC pour l'environnement : le bien-être social lié à la transition écologique

Les acteurs socioéconomiques et politiques recherchent des voies de transition permettant de sortir des crises économiques et écologiques que nous connaissons aujourd'hui. Parmi les solutions envisagées figurent les écoinnovations, qui dans le secteur des TIC consiste en la conception d'écoTIC susceptibles de créer de l'activité économique tout en réduisant les pressions écologiques (*green IT*). Cela implique de bien connaître les impacts écologiques des TIC, qui ont été recensés dans un ouvrage publié chez EDP Sciences par un chercheur de TEM en collaboration avec le groupement de service du CNRS ÉcoInfo (<http://telecom-em.eu/content/impacts-ecologiques-des-tic>). En outre, une équipe de TEM a réalisé pour l'ADEME une étude sur les dynamiques d'innovation dans le secteur des écoTIC (projet ECOPATENTS : <http://ecopatents.wp.mines-telecom.fr>).

Annexe 3 : Liste des membres du comité de pilotage du RT8 (* animateur ; ** co-animateur) :

NOM	PRÉNOM	ÉCOLE	MÉL	PAGE WEB
DRAETTA	Laura	TPT	laura.draetta@telecom-paristech.fr	http://www.crsdd.uqam.ca/Pages/laura_draetta.aspx
GAGNAIRE	Maurice	TPT	gagnaire@telecom-paristech.fr	http://perso.telecom-paristech.fr/~gagnaire
GARELLO*	René	TB	rene.garello@telecom-bretagne.eu	http://perso.telecom-bretagne.eu/renergarello
GIROD-GENET	Marc	TSP	marc.girod_genet@it-sudparis.eu	http://www-public.it-sudparis.eu/~girodgen
GOSSART**	Cédric	TEM	cedric.gossart@telecom-em.eu	http://gossart.wp.mines-telecom.fr
JOHANNET	Anne	MINES D'ALÈS	anne.johannet@mines-ales.fr	https://www.researchgate.net/profile/Anne_Johannet
MAYER	Didier	MPT	didier.mayer@mines-paristech.fr	http://www.mines-paristech.fr/Services/Annuaire/didier-mayer
TUPIN	Florence	TPT	florence.tupin@telecom-paristech.fr	http://perso.telecom-paristech.fr/~tupin/

Mise à jour : 27/10/2015.