



La face cachée du numérique

Thomas Dandres et Mohamed Cheriet

Les Entretiens Jacques Cartier

Montréal 4 Novembre 2019

Plan de la présentation

- ▶ **Le numérique, les TIC : de quoi s'agit-il?**
- ▶ **Le numérique et le développement durable**
 - Atténuation des émissions de gaz à effet de serre
 - Atteinte des objectifs de développement durable
- ▶ **Les impacts du numérique sur l'environnement**
 - Utilisation
 - Production
 - Fin de vie
- ▶ **La recherche pour un numérique plus durable**
 - Efficacité énergétique des TIC
 - Amélioration des comportements humains
- ▶ **Conclusion**

Le numérique, les TIC : de quoi s'agit-il?

▶ Tentative de définitions :

Le numérique : services rendus par les Technologies d'Information et de Communication (TIC)

Les TIC : équipements utilisés pour se connecter aux réseaux de communication et transmettre, analyser, traiter et stocker les informations

▶ Exemples de services :

- Communications entre personnes à l'aide de smartphones
- Recherche d'information sur Internet avec un ordinateur
- Orientation à l'aide d'un GPS

▶ Frontières du système :

- Les utilisateurs
- Les objets connectés
- Le réseau de communication
- Les centres de données
- Les chaînes d'approvisionnement

Le numérique et le développement durable

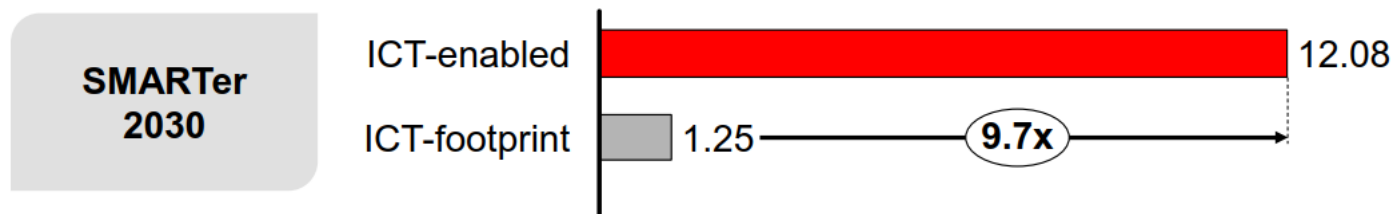
► Plusieurs initiatives en faveur du développement durable



GeSI ENABLING
DIGITAL
SUSTAINABILITY

- Regroupement d'acteurs du numérique et du développement durable
- Rendre la société plus durable avec le numérique

Figure 2: ICT benefits factor in 2020 and 2030 (Gt CO_{2e})



Émissions anthropiques (2017) : 36 Gt CO_{2e}.

Le numérique et le développement durable



International
Telecommunication Union

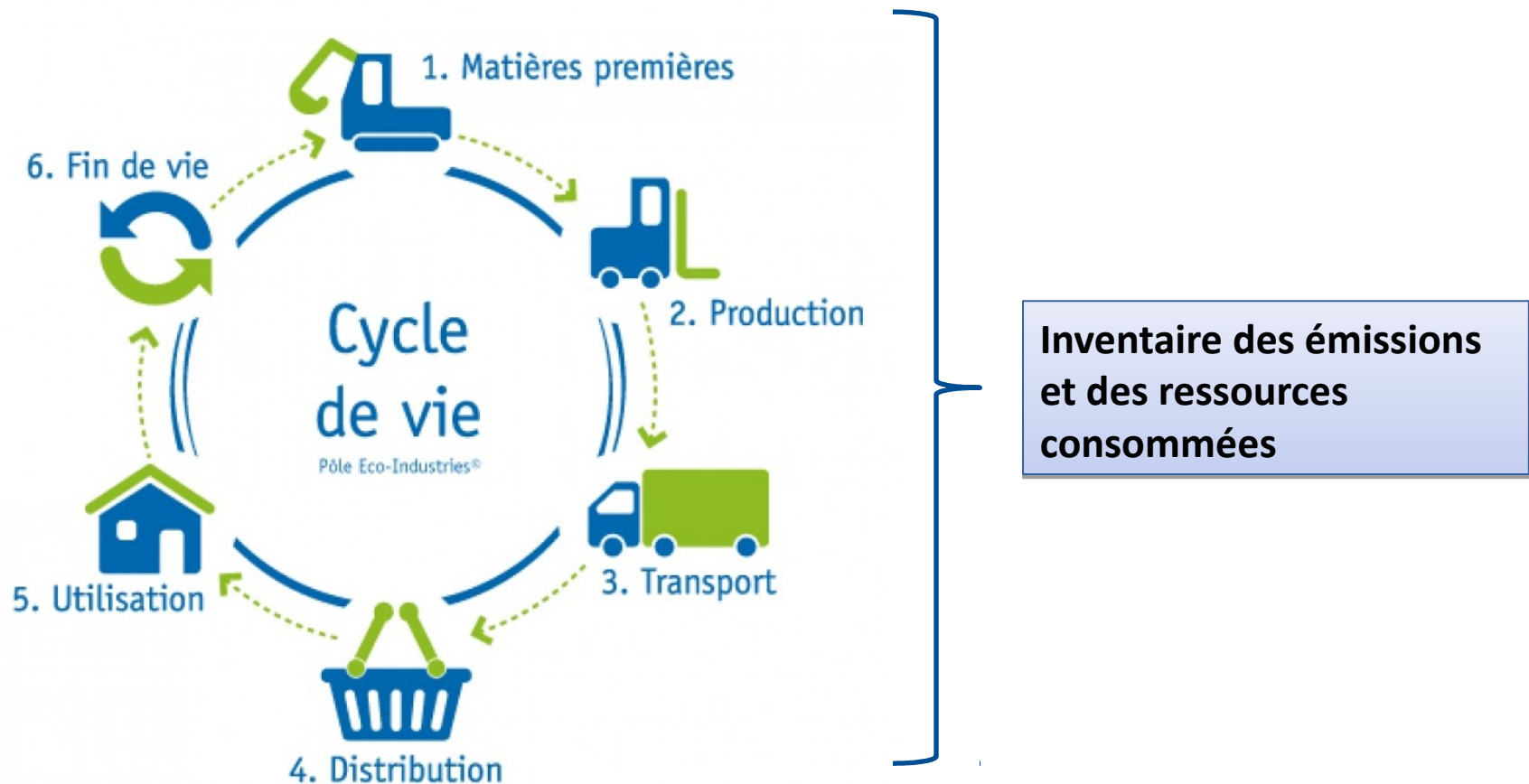


- Agence des Nations Unis sur les TIC regroupant des acteurs du numérique et du développement durable
- Développer des nouveaux standards pour les TIC
- Connecter les populations
- Améliorer le bien-être

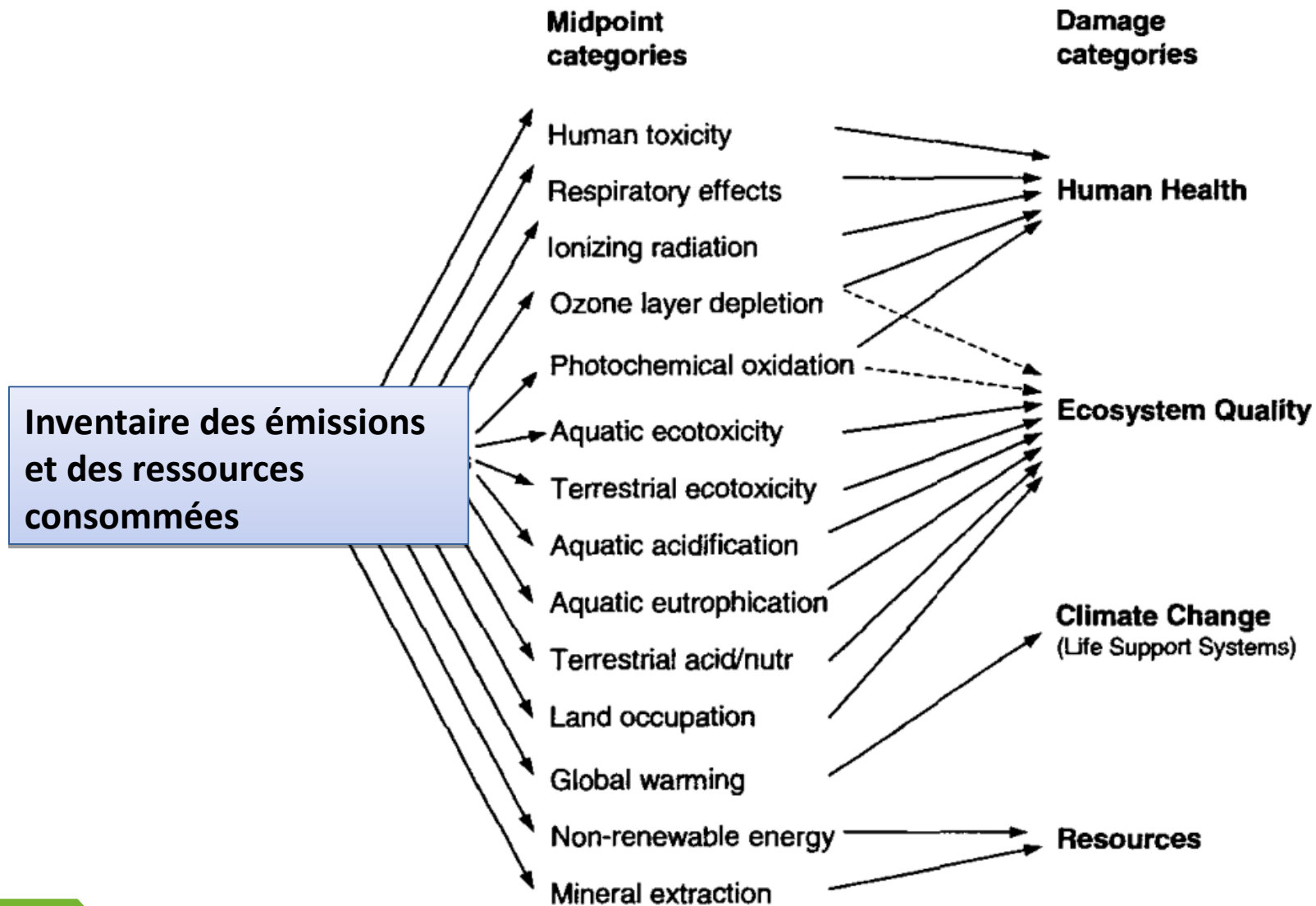


Les impacts du numérique sur l'environnement

► Analyse du cycle de vie :



Évaluation des impacts en analyse du cycle de vie

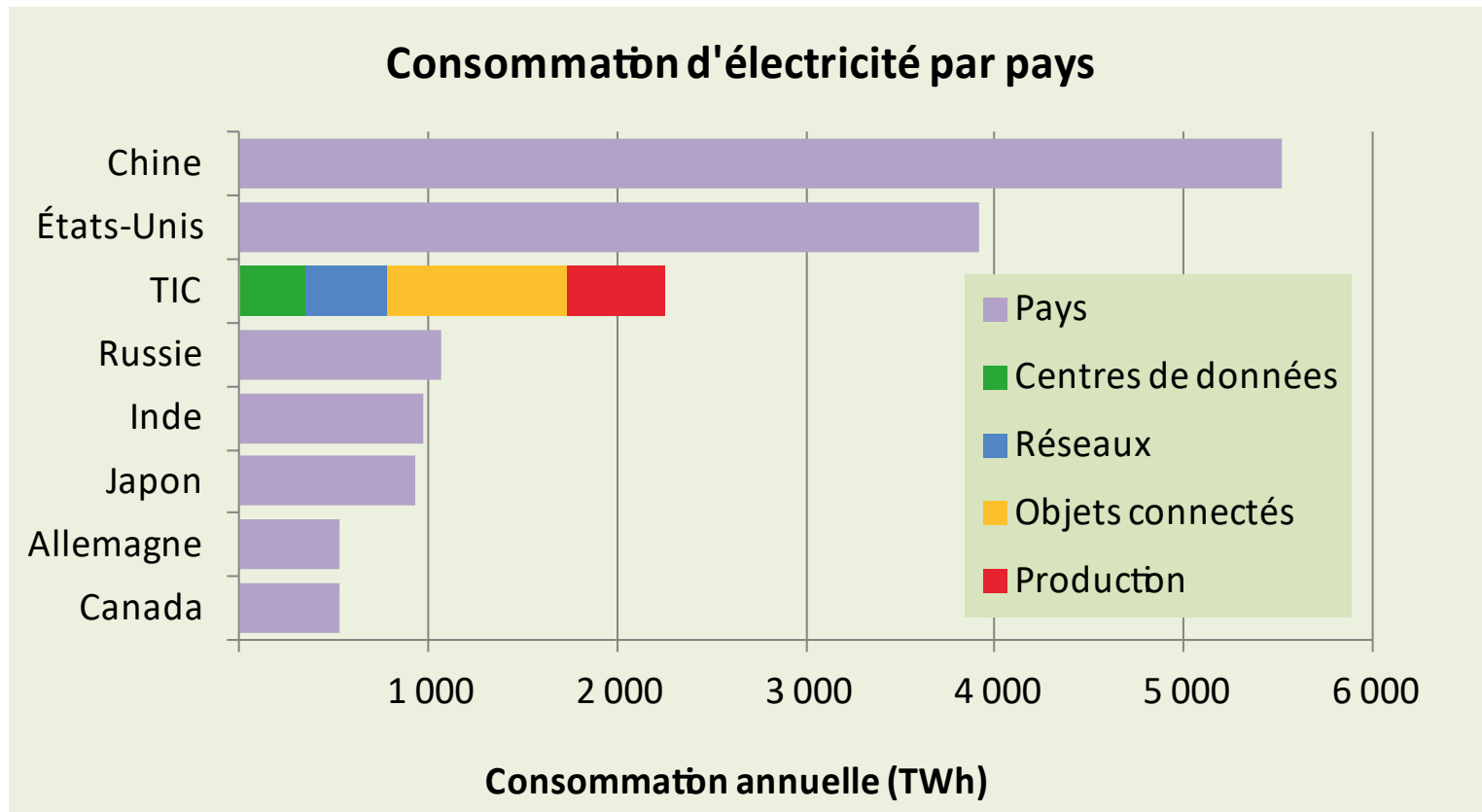


Analyse du cycle de vie du numérique



La consommation d'énergie

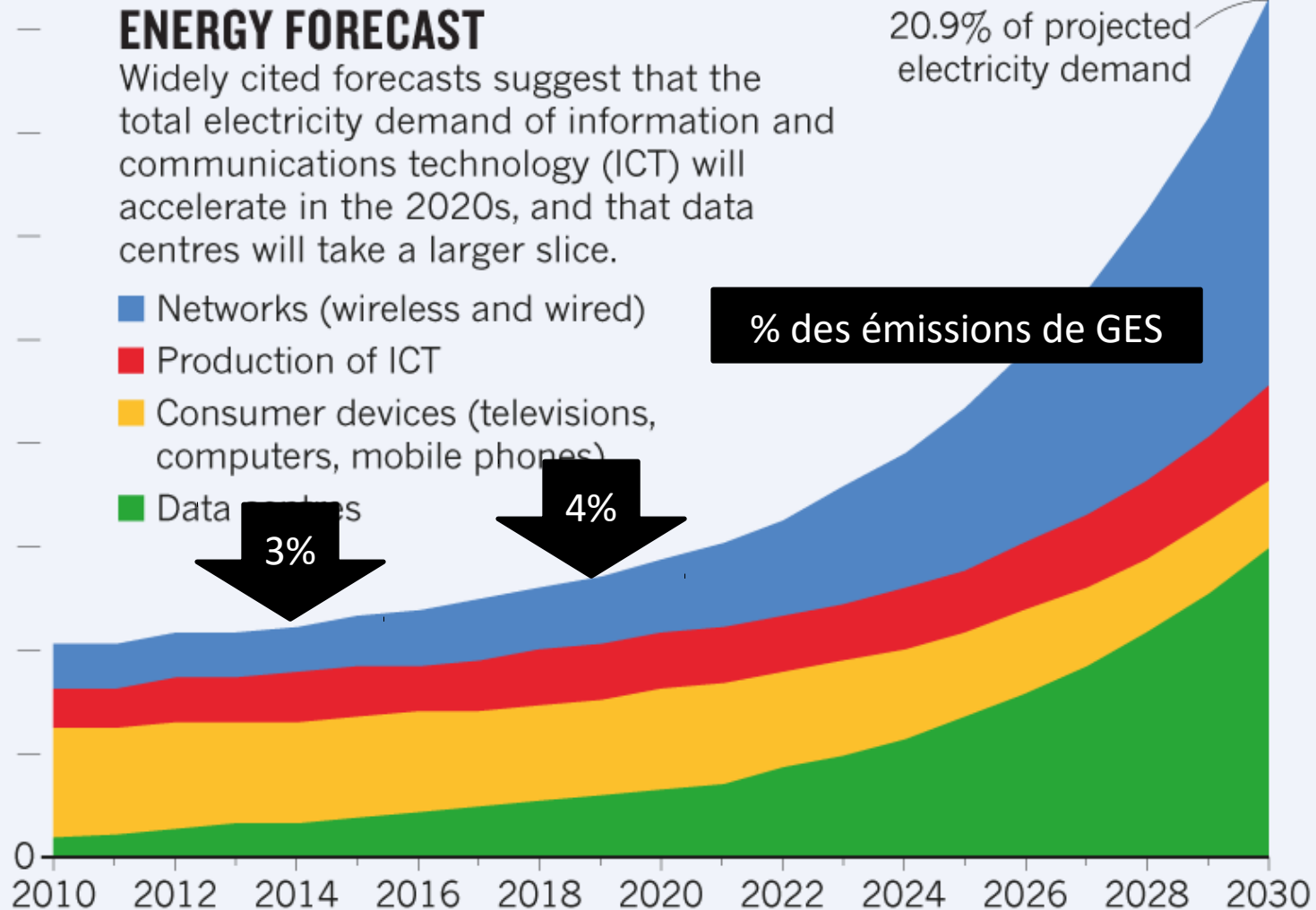
► Bilan de 2014 :



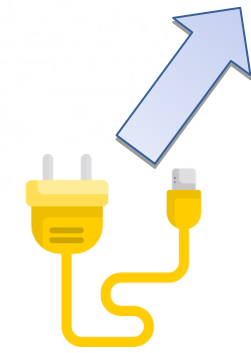
≈3% des émissions de gaz à effet de serre

Consommation future d'énergie du numérique

9,000 terawatt hours (TWh)



Analyse du cycle de vie du numérique

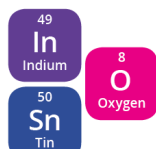


Extraction des matières premières

ELEMENTS OF A SMARTPHONE

ELEMENTS COLOUR KEY: ● ALKALI METAL ● ALKALINE EARTH METAL ● TRANSITION METAL ● GROUP 13 ● GROUP 14 ● GROUP 15 ● GROUP 16 ● HALOGEN ● LANTHANIDE

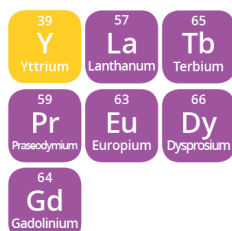
SCREEN ○



Indium tin oxide is a mixture of indium oxide and tin oxide, used in a transparent film in the screen that conducts electricity. This allows the screen to function as a touch screen.



The glass used on the majority of smartphones is an aluminosilicate glass, composed of a mix of alumina (Al_2O_3) and silica (SiO_2). This glass also contains potassium ions, which help to strengthen it.



A variety of Rare Earth Element compounds are used in small quantities to produce the colours in the smartphone's screen. Some compounds are also used to reduce UV light penetration into the phone.

○ ELECTRONICS

Copper is used for wiring in the phone, whilst copper, gold and silver are the major metals from which microelectrical components are fashioned. Tantalum is the major component of micro-capacitors.



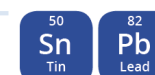
Nickel is used in the microphone as well as for other electrical connections. Alloys including the elements praseodymium, gadolinium and neodymium are used in the magnets in the speaker and microphone. Neodymium, terbium and dysprosium are used in the vibration unit.



Pure silicon is used to manufacture the chip in the phone. It is oxidised to produce non-conducting regions, then other elements are added in order to allow the chip to conduct electricity.



Tin & lead are used to solder electronics in the phone. Newer lead-free solders use a mix of tin, copper and silver.



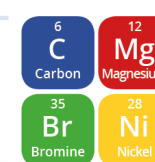
BATTERY ○



The majority of phones use lithium ion batteries, which are composed of lithium cobalt oxide as a positive electrode and graphite (carbon) as the negative electrode. Some batteries use other metals, such as manganese, in place of cobalt. The battery's casing is made of aluminium.

○ CASING

Magnesium compounds are alloyed to make some phone cases, whilst many are made of plastics. Plastics will also include flame retardant compounds, some of which contain bromine, whilst nickel can be included to reduce electromagnetic interference.



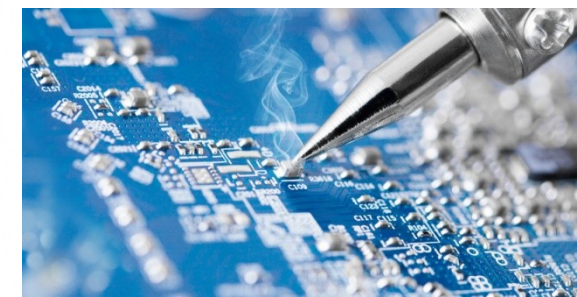
Activités minières et pollution



Déchets radioactifs de l'extraction des **terres rares**



Analyse du cycle de vie du numérique



Fin de vie des équipements électroniques

RECYCLING RATES OF SMARTPHONE METALS

COLOUR KEY: ● < 1% RECYCLE RATE ● 1-10% RECYCLE RATE ● 10-25% RECYCLE RATE ● 25-50% RECYCLE RATE ● > 50% RECYCLE RATE ● NON-METAL (OR RECYCLE RATE UNKNOWN)

SCREEN ○



TOUCH: INDIUM TIN OXIDE
Used in a transparent film over the phone's screen that conducts electricity. This allows the screen to function as a touch screen. This is the major use of indium.



GLASS: ALUMINA & SILICA
On most phones the glass is aluminosilicate glass, a mix of aluminium oxide & silicon dioxide. It also contains potassium ions which help strengthen it.



COLOURS: RARE EARTH METALS
A variety of rare earth metal-containing compounds are used to help to produce the colours in a smartphone's screen. Some of these compounds are also used to help reduce light penetration into the phone. Many of the 'rare earths' occur commonly in the Earth's crust, but often at levels too low to be economically extracted.

BATTERY ○



Most phones use lithium ion batteries, composed of lithium cobalt oxide as a positive electrode and graphite (carbon) as the negative electrode. Sometimes other metals, such as manganese, are used in place of cobalt. The battery casing is often made of aluminium.

ELECTRONICS ○

WIRING & MICROELECTRONICS
Copper is used for wiring, and for micro-electrical components along with gold and silver. Tantalum is the major component in micro-capacitors.



MICROPHONES & VIBRATIONS
Nickel is used in the microphone and for electrical connections. Rare earth element alloys are used in magnets in the speaker and microphone, and the vibration unit.



THE SILICON CHIP
Pure silicon is used to manufacture the chip, which is then oxidised to produce non-conducting regions. Other elements are added to allow the chip to conduct electricity.



CONNECTING ELECTRONICS
Tin & lead were used in older solders; newer, lead-free solders use a mix of tin, copper & silver.



CASING ○

Magnesium alloy is used to make some phone cases, whilst many others are made of plastics, which are carbon-based. Plastics will also include flame retardant compounds, some of which contain bromine, whilst nickel can be included to reduce electromagnetic interference.



Fin de vie des équipements électroniques

- ▶ Les appareils électroniques usagés sont envoyés dans les pays en voie de développement



Fin de vie des équipements électroniques



Le traitement dans les pays en voie de développement ne s'effectue pas dans de bonnes conditions...



La recherche pour un numérique plus durable

Réduire l'impact
environnemental
du secteur des TIC



Efficacité énergétique
Meilleures pratiques d'opération
Comportements humains
...
Objectifs de développement durable

Utiliser les TIC pour réduire
l'impact environnemental
des autres secteurs



GeSI ENABLING
DIGITAL
SUSTAINABILITY



La recherche pour un numérique plus durable

- ▶ **Calcul des émissions en temps réel** : Maurice et al. (2014), Vandromme et al. (2014), Vallée Schmitter (2015)
- ▶ **Gestion de la demande électrique des bâtiments intelligents** : Milovanoff et al. (2016)
- ▶ **Analyse prospective du déploiement des centres de données** : Dandres et al. (2016)
- ▶ **Stratégie de migration des machines virtuelles dans les réseaux de centres de données** : Dandres et al. (2017)
- ▶ **Nouvelles normes IEEE 1922.1 et IEEE 1922.2**

GÉNIE

- ▶ **Prédiction des émissions des TIC et gestion des bâtiments intelligents** : Riekstin et al. (2018)

BIG DATA

- ▶ **Modélisation du comportement humain dans les bâtiments intelligents** : Walzberg et al. (2019)

**SCIENCES
SOCIALES**

- ▶ **(à venir) développement d'un cadre d'analyse de la performance des TIC à atteindre les objectifs de développement durable**

?

Perspective d'impact du numérique sur la durabilité

Impacts positifs sur la durabilité

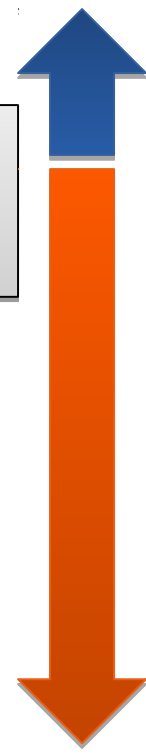


Utilisation du numérique pour le développement durable

Impacts négatifs sociaux et environnementaux

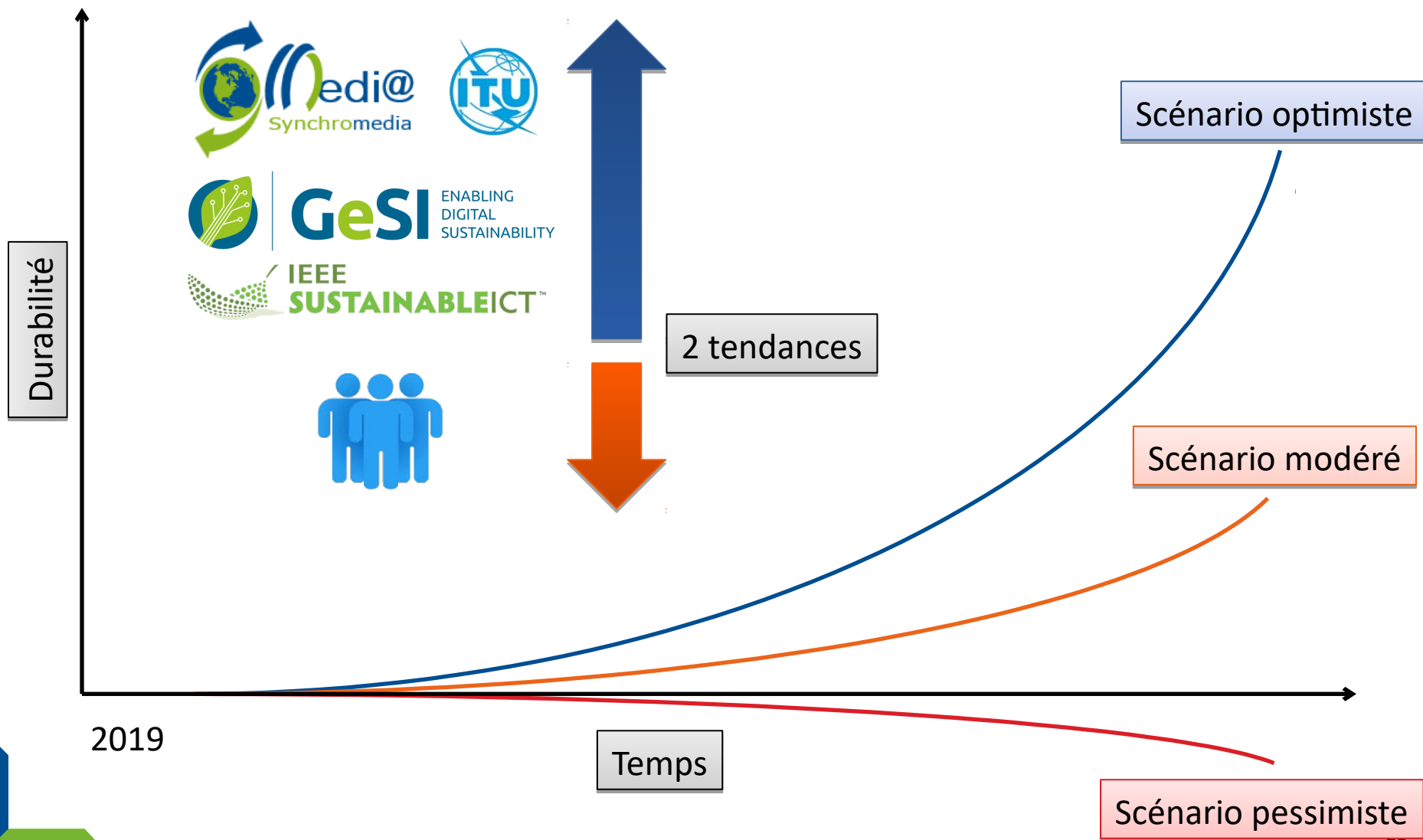
Impacts positifs sur la durabilité

Utilisation du numérique à d'autres fins



Impacts négatifs sociaux et environnementaux

Perspective d'impact du numérique sur la durabilité



Conclusions

- ▶ Le numérique peut globalement **améliorer la durabilité** de la société, mais...
 - ▶ ...il a aussi une **empreinte sociale et environnementale non-négligeable**
 - ▶ ...il y a aussi des **dérives possibles** (manipulation de l'opinion, contrôle de la vie privée, etc.)
- ▶ Il est nécessaire d'**améliorer le cycle de vie du numérique** :
 - **Les technologies** (systèmes intelligents, efficacité énergétique, consommation des ressources, etc.)
 - Mais surtout **les comportements humains** :
 - **Consommation responsable du numérique (sobriété numérique)**

Merci de votre attention et à nos partenaires



ERICSSON



**ÉCOLE DE
TECHNOLOGIE
SUPÉRIEURE**
Université du Québec



**NSERC
CRSNG**



UNIVERSITY OF
TORONTO



**IEEE
SUSTAINABLE ICT™**