



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

LES FOCUS
TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR



L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES

juillet / 2022

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| SOMMAIRE | 2 |
| INTRODUCTION | 3 |
| QUELLE EMPREINTE ÉCOLOGIQUE POUR LE NUMÉRIQUE ? | 4 |
| ▪ VERS UNE ÉVOLUTION NÉCESSAIRES DES PRATIQUES NUMÉRIQUES | 4 |
| ▪ PLUS D'OBJET CONNECTÉS = PLUS DE POLLUTION ? | 6 |
| ▪ « L'ESSENTIEL DE L'IMPACT NUMÉRIQUE A LIEU LORS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE DU CYCLE DE VIE » | 8 |
| ▪ QUELS MATÉRIAUX COMPOSENT NOS SMARTPHONES ? | 10 |
| POUR ALLER PLUS LOIN | 12 |
| ▪ VERS UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES TIC | 12 |
| ▪ LES THÈSES DU MOIS : QUELS LEVIERS POUR RÉDUIRE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES ? | 14 |
| ▪ QUEL EST L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE ? | 16 |
| ▪ LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU NUMÉRIQUE : UN ÉTAT DES LIEUX POUR ALLER VERS UN NUMÉRIQUE RESPONSABLE | 17 |
| ▪ LE TANTALE, UN ÉLÉMENT EXCEPTIONNEL MAIS CONTROVERSÉ | 19 |
| ▪ ÉCOUTEZ NOTRE PODCAST COGITONS SCIENCES : UNE INDUSTRIE ACCRO AUX MINÉRAIS DE CONFLIT [MATÉRIAUX, HISTOIRE D'UNE VIE #1] | 21 |

INTRODUCTION

L'impact environnemental du numérique fait l'objet de nombreuses études. Longtemps sous-estimée, l'empreinte carbone du numérique apparaît aujourd'hui plus importante que celle du transport aérien. Les pouvoirs publics ont, au niveau national et international, mis en place des leviers d'action et légiféré afin de contraindre les particuliers comme les entreprises à s'impliquer davantage dans le cycle de vie du matériel informatique, notamment en ce qui concerne la gestion des déchets.

Les déchets d'équipements électriques et électroniques, les DEEE, font aujourd'hui l'objet, au sein de l'Hexagone, d'une attention particulière. Depuis 2005, la filière de collecte et de recyclage française des DEEE traite environ 600 000 tonnes de déchets chaque année. La mise en place de cette filière a permis d'améliorer les compétences sur le territoire concernant le réemploi des matériels informatiques, et de créer un véritable marché de la seconde main. Marché qui a eu toutes les peines du monde à voir le jour, les grandes entreprises fabricantes de matériel informatique y voyant un manque à gagner évident.

La loi de 2020 a élargi la responsabilité des producteurs d'équipements électriques et électroniques, qui ont désormais la charge de l'enlèvement et du traitement des DEEE ménagers collectés sélectivement sur le territoire national. Ils peuvent remplir ces obligations, soit en créant des systèmes individuels approuvés par les pouvoirs publics pour les déchets issus de leurs propres équipements, soit en adhérant à l'un des organismes collectifs agréés par les pouvoirs publics, au prorata des quantités d'équipements qu'ils mettent sur le marché.

Mais le traitement des déchets de produits informatiques n'est qu'un facteur causal de l'empreinte numérique. Deux autres leviers d'action doivent être pris en considération pour évaluer et combattre efficacement la pollution liée au numérique.

D'abord, le développement de nouvelles technologies numériques augmente considérablement le nombre d'appareils mis sur le marché chaque année. Aussi, depuis quelques années, l'évolution rapide des technologies, comme celles liées aux smartphones, multiplie le nombre de modèles mis sur le marché chaque année. Tout ceci a pour conséquence d'augmenter, in fine, la quantité de DEEE produits en France chaque année.

QUELLE EMPREINTE ÉCOLOGIQUE POUR LE NUMÉRIQUE ?

VERS UNE ÉVOLUTION NÉCESSAIRE DES PRATIQUES NUMÉRIQUES

Les études démontrant l'impact massif des technologies numériques en termes d'empreinte carbone se multiplient depuis plusieurs années. Dans le même temps, les usages du numérique continuent de se diversifier et de se généraliser. Si les États légifèrent pour limiter la production de déchets numériques, les usagers vont devoir, dans les années à venir, faire évoluer leurs pratiques.

Les technologies numériques recouvrent aujourd'hui une réalité matérielle extrêmement vaste : ordinateurs, téléviseurs, téléphones, objets connectés de toutes sortes, véhicules... Les usages de ces technologies sont permanents. Il en découle une empreinte carbone liée au cycle de vie de ces produits en augmentation, malgré les progrès permanents réalisés en termes de performance énergétique.

Alors que l'on avait tendance il y a encore quelques années, faute de données fiables, à évaluer l'impact des technologies numériques uniquement dans leur phase d'utilisation, il est aujourd'hui possible de calculer précisément l'impact global sur l'environnement d'un produit numérique, depuis sa phase de fabrication, qui comprend également l'extraction des matières premières le constituant, jusqu'à son recyclage, lorsque ce dernier est considéré comme un déchet.

A titre d'exemple, l'extraction des 350 kilogrammes de matières premières nécessaires à la fabrication d'un téléviseur équivaut à un aller Paris-Marrakech en avion, en termes d'empreinte carbone. Avant même que ce téléviseur ne se retrouve sur les rayons d'un magasin.

Autre exemple, il faut 80 fois plus d'énergie pour fabriquer un gramme de smartphone que pour fabriquer un gramme de voiture.

Trois derniers chiffres, pour visualiser la problématique

de manière plus globale : En 2019, le numérique nécessite pour fonctionner 16% de l'électricité produite dans le monde, alors qu'en France, les data centers consomment à eux seuls 10% de l'électricité produite. Enfin, l'activité numérique au niveau mondial est responsable de 4% des émissions de GES sur notre planète.

Les Etats mettent en place des mesures pour lutter contre cette tendance. En France les lois sur les DEEE, l'obligation pour les entreprises de s'impliquer dans le recyclage de leur parc informatique, et l'obligation pour les revendeurs de reprendre les appareils usagers, entre autres, posent les jalons d'une consommation des appareils numériques usuels plus responsable. En ce qui concerne le cycle de vie de ces appareils, après leur production.

C'est précisément là que le bas blesse. En effet, les chiffres cités plus haut, comme par exemple la quantité de GES générée par le numérique, pourrait doubler d'ici 2025. Pour ainsi dire, la production d'appareils numériques, et les usages des technologies numériques n'en finissent plus de croître.

Il s'avère donc nécessaire, pour pouvoir projeter un avenir numérique compatible avec les objectifs - nationaux et mondiaux - de réduction de l'empreinte carbone globale, de prendre en compte de manière actualisée le nombre d'appareils numériques en circulation. Cela s'avère compliqué aujourd'hui, mais une chose est certaine : la diminution relative des impacts du numérique passe par une évolution des pratiques liées à l'utilisation de ces objets, indépendamment de leur cycle de vie.

Selon une étude menée par Green IT en 2019, les smartphones, ordinateurs et téléviseurs représentent sur la planète environ 34 milliards d'appareils et la principale source de pollution liée au numérique.

Il apparaît donc indispensable de développer des pratiques permettant de limiter la consommation énergétique de ces objets pendant leur durée de vie. Prenons deux exemples : les emails et le streaming.

La pollution liée aux emails

[Tout a été dit](#) sur la pollution engendrée par l'usage des emails et les données stockées dans notre boîte mail à notre insu, comme les spams par exemple. Avec l'avènement des réseaux sociaux et de leurs messageries instantanées, cette empreinte sur l'environnement est démultipliée. [281 milliards de mails](#) étaient envoyés chaque jour dans le monde en 2018, ce qui équivaut à la génération de [410 millions de tonnes de CO2 atmosphérique](#). On estime que 80% de ces mails ne sont jamais été ouverts. Même si un mail n'est pas ouvert, son stockage dans un datacenter consomme de l'énergie.

Ainsi, pour les utilisateurs, le développement de nouvelles pratiques peut faire baisser substantiellement cet aspect de la pollution numérique. D'abord, il faut régulièrement nettoyer sa boîte mail, certaines applications gratuites peuvent faciliter ce travail. Aussi, se désabonner des newsletters que l'on ne lit jamais, ainsi qu'éviter au maximum l'envoi inutile de pièces jointes. Ces pratiques simples bien que chronophages sont amenées dans les années à venir à devenir des gestes du quotidien, de manière comparable aux habitudes de recyclage des déchets, qui font désormais partie de notre quotidien.

Le streaming, gouffre énergétique

Second exemple, le streaming. La diffusion de vidéo en ligne et leur lecture sur les tablettes, smartphones ou ordinateurs consomme une énergie très importante. La faute à la taille des fichiers en question, qui sont très volumineux, puisque constitués de milliers d'images, qu'il faut stocker sur des serveurs. [D'après EDF](#), le streaming concentre aujourd'hui près de 60% des usages du numérique. Le think tank The Shift Project a évalué, sur l'année 2019, les émissions liées à l'usage du streaming à [1% des émissions mondiales](#). Un chiffre en augmentation, surtout depuis le début de la crise sanitaire liée à l'épidémie de Covid.

Les usagers du streaming vont devoir, pour diminuer l'impact global de cette pratique, mettre en place de nouvelles habitudes. En Chine, la maison mère qui gère l'application [Tik Tok a limité à 40 minutes par jour l'accès à son application pour les jeunes](#), l'interdisant totalement pendant la nuit. Une façon de limiter l'impact de cet usage au niveau environnemental, mais également sur les jeunes, qui consomment de plus en plus d'écran quotidiennement, et pour qui l'impact au niveau cérébral de ces pratiques est loin d'être anodin, même s'il est mal connu.

Par Pierre Thouverez

12/07/2022

PLUS D'OBJET CONNECTÉS = PLUS DE POLLUTION ?

On estime aujourd'hui à 137 millions le nombre de téléphones, connectés ou non, en état de fonctionnement ou non, en circulation en France en 2020.

Un chiffre deux fois supérieur à la population française. Si les smartphones sont aujourd'hui les objets connectés les plus vendus, la croissance exponentielle de l'IoT en général n'en finit plus d'envahir notre quotidien. Aujourd'hui, on trouve des **objets connectés pour à peu près tous les usages**, dans l'ensemble des domaines d'activités.

- Pour la maison : thermostats, assistants vocaux, frigidaires... tous connectés ;
- Au bureau : badges, caméras, détecteurs de présence... ;
- Les "wearables" : vêtements intelligents, montres et écouteurs connectés ;
- Pour l'industrie : Robots, cobots, capteurs pour la maintenance prédictive, la productivité, la traçabilité... ;
- Pour l'agriculture : Capteurs de données biologiques (température, hygrométrie...), arrosage intelligent, colliers et puces connectées pour les animaux, drones ;
- Smart city : Équipements collectifs connectés (feux de signalisation par exemple), caméras, capteurs pour mesurer la qualité de l'air, compteurs communicants.

Ces objets se généralisent aujourd'hui, en grande partie parce leurs coûts sont en baisse continue, quitte à devenir des objets fragiles et rapidement remplacés. D'où une quantité de déchets numériques liés à l'internet des objets en forte augmentation depuis quelques années. D'après un rapport de l'Ademe, près de 244 millions d'objets connectés ont été répertoriés en France en 2021. Au niveau mondial, toujours en 2021, ce chiffre atteint la barre des 10 milliards de produits numériques connectés.

Mais ce n'est pas tout. Le rapport publié par l'Ademe prévoit pour 2025 un marché de l'IoT mondial de l'ordre de 1500 milliards de dollars, soit dix fois la valeur de 2018. La

croissance des objets connectés est donc exponentielle, tout comme celle des DEEE (déchets d'équipements électriques et électroniques) qui en résulte. Car outre l'usure et la fragilité de certains objets connectés, deux facteurs importants doivent être pris en compte : la durabilité des batteries. En effet, dans l'immense majorité des cas, les usagers considèrent un objet connecté comme inutilisable dès lors que la batterie ne fonctionne plus. Une idée reçue que le temps et la pédagogie devraient faire disparaître, dans le futur. Le second facteur est la capacité des fabricants à proposer des objets connectés qui puissent faire l'objet de mises à jour logicielles durant l'ensemble de la durée de vie de l'objet en question. Ce n'est pas encore le cas aujourd'hui, même si certains pays, **comme la France**, légifèrent en ce sens, obligeant les fabricants à proposer des mises à jours pour tous leurs appareils, même ceux qui ne sont plus vendus.

L'avènement des objets connectés est inéluctable, et leur mode de fonctionnement, nécessitant des capteurs, des logiciels, des fermes de réseaux pour collecter et corréler les données entre les différents objets connectés d'un système, génère déjà des DEEE qu'il peut être plus compliqué à recycler, au vu de leur taille et de leur nombre.

L'agence internationale de l'énergie prévoit, au niveau mondial, une quantité astronomique d'objets connectés à l'horizon 2030 : pas moins de 46 milliards de ces produits devraient alors être en circulation.

Des études en cours tentent d'évaluer quels pourraient être les impacts écologiques relatifs à ces usages, mais il s'agit là d'une tâche extrêmement complexe.

Ainsi, il est toujours incertain, à l'heure actuelle, que les objets connectés destinés à être utilisés pour améliorer la performance énergétique de certains systèmes, aient concrètement un impact positif sur l'environnement, leur

fonctionnement consommant plus d'énergie que celle qui est économisée grâce à leur utilisation.

Pour conclure, il est donc urgent de quantifier le plus précisément possible les impacts environnementaux liés à l'internet des objets, pour mieux évaluer l'intérêt des différentes technologies mises à l'œuvre pour améliorer la performance énergétique des systèmes.

Par Pierre Thouverez

14/07/2022

« L'ESSENTIEL DE L'IMPACT NUMÉRIQUE A LIEU LORS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE DU CYCLE DE VIE »

La nécessaire évolution des usages liés aux technologies numériques doit s'accompagner d'une action pédagogique, notamment auprès des plus jeunes.

Cette action pédagogique est aujourd'hui déployée par le biais d'associations, qui œuvrent auprès du grand public, pour sensibiliser sur les impacts de nos activités numériques. Elles mettent en place les bonnes pratiques à adopter pour réduire notre empreinte numérique : réutilisation, recyclage, seconde vie, usage des applications et du web... l'association [Point de M.I.R](#) organise des actions, notamment auprès des établissements scolaires, pour sensibiliser les citoyens sur cet aspect du numérique.

Bela Loto Hiffler, fondatrice de Point de M.I.R, a expliqué aux Techniques de l'Ingénieur les actions mises en place par son association, et les enjeux liés aux usages du numérique pour les prochaines générations.

Techniques de l'ingénieur : Présentez-nous l'association Point de M.I.R

Bela Loto Hiffler : Point de M.I.R met la lumière sur les impacts environnements et humains du numérique. Association pionnière en matière de sensibilisation sur le sujet depuis 2014, elle s'adresse au grand public, aux établissements scolaires et aux associations.

Quelles actions mettez-vous en œuvre pour sensibiliser le public sur les impacts environnementaux et humains du numérique ?

Nous organisons des ateliers. Nous privilégions actuellement un public jeune, notamment les élèves du CM1 et CM2, cible privilégiée car se situant avant la bascule du smartphone au collège. Nous avons un atelier phare intitulé : *Voyage au cœur de nos smartphones*. Point de M.I.R a conçu une mallette « pédagogique anatomique » permettant de révéler ce qui est à l'intérieur de ces « usines à gaz » et quels sont les éléments du tableau périodique des éléments.

Nos smartphones contiennent en effet une cinquantaine d'éléments issus de la table de Mendeleïev qui sont extraits dans de nombreux pays du monde, dans des [conditions indécentes et inacceptables](#). Nous participons également à de nombreuses tables rondes et donnons des conférences, à l'invitation de diverses institutions. Nous parlons au plus grand nombre et sensibilisons à tous les âges et tous les étages. Nous proposons également toute une série de documentaires qui permettent de voir la face obscure du numérique. Nous avons, en 2019, organisé le premier festival du film « [Numérique & environnement](#) » (enquêtes à travers le globe révélant les répercussions environnementales et sanitaires fatales, voyage au cœur des datacenters, découverte des coulisses du plus grand dépotoir d'Europe en Afrique, rencontre avec les perdants de la révolution numérique...)

Quels sont aujourd'hui les leviers d'actions pour les usagers du numérique pour limiter leur empreinte personnelle ?

Ce qui est fondamental, c'est de faire comprendre que « le nerf de la paix » est de prolonger la durée de son matériel car l'essentiel des impacts a lieu au moment de la première étape du **cycle de vie** (extraction-fabrication).

Voici donc 10 actions clés à mettre en œuvre. Cette liste est issue du **livre blanc publié par l'Alliance Green IT** (AGIT) que l'association Point de M.I.R et moi-même ont eu le plaisir de travailler :

Je prolonge la durée de vie de mes équipements électroniques ;

Je préfère acquérir un équipement d'occasion ou reconditionné ;

J'éteins, je mets en veille, je débranche mes équipements non utilisés (surtout la nuit) : ma box, mon ordi, mon smartphone, mon chargeur, ma TV...

J'ai un usage raisonné de mes équipements et des services numériques (logiciels, sites web) : je limite mon usage de vidéos en streaming, je stocke le moins possible de documents, j'évite les multiples copies dans le cloud, je fais régulièrement le ménage dans mes fichiers, j'évite l'envoi de fichiers volumineux par mail ;

Je n'imprime que si nécessaire, je paramètre mon imprimante (recto verso, mode brouillon noir et blanc), j'utilise du papier recyclé et certifié (FSC, Blue Angel, l'Ecolabel Européen) et des cartouches reconditionnées ;

Je choisis du matériel adapté à mes besoins (taille, performance, fonctionnalités) ;

Je préfère les équipements ecolabellisés (EPEAT, TCO, Blue Angel) ;

Je choisis des équipements réparables ;

Je préfère la connexion WiFi à la 4G, ça consomme moins d'énergie et économise ma batterie ;

Je dépose mes déchets électroniques à un point de collecte agréé (déchetteries, magasins, associations, structures de solidarité) pour qu'ils puissent être pris en charge dans les règles de l'art.

Au-delà de l'empreinte numérique, sensibilisez-vous

les jeunes sur les dangers des écrans et plus généralement de l' « abus » des technologies numériques ?

Nous ne le faisons pas en traitant ces questions séparément mais cette dimension est présente dans toutes nos interventions. A titre personnel, je me considère observatrice attentive de l'ébriété numérique et je milite pour une libération. Cela passe par moins de numérique, moins de numérique, toujours moins de numérique. A travers mes interventions, j'invite le public à ralentir et à reconsidérer le monde réel. En d'autres termes, j'invite le public à se « matérialiser » !

Observez-vous des différences dans l'approche des technologies numériques en fonction des générations ?

Oui, très nettement. Une partie des jeunes semblent sensibles à l'écologie et s'engagent mais sont-ils prêts à lâcher un peu leurs prothèses numériques au quotidien ? Rien n'est moins sûr. Par ailleurs, la fracture numérique concerne toutes les générations, toutes les catégories sociales. Le numérique est un outil extraordinaire mais certainement pas le miracle que l'on veut nous faire croire.

Propos recueillis par Pierre Thouverez

19/07/2022

QUELS MATÉRIAUX COMPOSENT NOS SMARTPHONES ?

Si le sujet des ressources en matières premières, ces matériaux nécessaires à la production de certains composants de nos appareils numériques, prend de plus en plus de place dans l'espace public, il est difficile de réaliser à quel point nos appareils regorgent de matières premières rares. Exemple avec les smartphones.

Le smartphone est l'appareil numérique symbole d'une évolution majeure, qui a débuté à la fin des années 2000 : [l'avènement des outils numériques](#), devenus indispensables à l'homme, aussi dans sa vie personnelle que professionnelle.

Le smartphone, à l'instar des ordinateurs, appartient aujourd'hui à cette catégorie. On parle même de prothèse numérique, tant sont nombreux ceux qui l'utilisent plusieurs heures chaque jour.

La problématique autour des ressources de matières premières est double, en ce qui concerne la production d'appareils numériques. Il y a comme nous venons de l'évoquer, une réalité en termes de quantité disponible sur Terre. Nous allons le voir, ces quantités sont extrêmement variables selon le matériau concerné.

Le second aspect de cette problématique réside dans une réalité purement humaine : les [conditions d'extraction des matières premières](#) entrant dans la composition des appareils numériques sont parfois critiquables, voire illégales. Généralement, l'extraction de ces matières premières a lieu dans des pays en conflit, en guerre.

Quelques exemples symboliques de cette situation : [L'étain, un métal extrait à partir de cassitérite, est exploité dans de nombreux pays](#). Ainsi, la Malaisie, l'Indonésie, le Nigéria, la Thaïlande, Myanmar et la République démocratique du Congo possèdent des gisements exploitables, mais ces

pays, à divers degrés, sont dans des situations de guerre ou d'instabilité politique très prononcée.

Le [tantale](#), un métal peu corrosif et très conducteur, est indispensable pour fabriquer des téléphones mobiles. Il provient des [gisements de coltan](#), dont les deux tiers des réserves mondiales se situent en [République démocratique du Congo, pays qui alterne entre guerre civile, conflits armés avec les voisins directs, et instabilité politique](#) : ces trois éléments étant d'ailleurs - pas toujours - directement liés aux ressources enfouies dans le sous-sol de ce pays d'Afrique.

Ces réalités ont une influence sur les cours de ces matières premières, qui peuvent s'envoler ou plonger à tout moment, selon le contexte spécifique dans certaines parties du monde. La situation actuelle, mêlant une crise sanitaire sans précédent et une guerre sur le sol ukrainien en témoignent, entraînant pour certains secteurs industriels des difficultés d'approvisionnement inextricables, et pour d'autres une envolée du prix des matières premières qui fait exploser leur modèle économique.

La composition de nos smartphones met en avant cette réalité, et la nécessité de prendre en compte ses composantes temporelles et spatiales, pour anticiper les difficultés autour de tel ou tel matériau, dans les pays où ils sont extraits.

[Nos smartphones regorgent de ces matériaux](#). On en dénombre pas moins de 70 différents dans un modèle standard : plastiques, verre, métaux ferreux, précieux, cobalt, carbone... un véritable [casse-tête en termes de recyclage](#), puisque la petite taille de nos appareils mobiles rend plus ardue les processus de démantèlement et de recyclage. Qui sont pourtant importants pour ces filières, qui produisent de plus en plus d'appareils.

Ainsi, dans le cas d'un smartphone, la **composition moyenne** fait état de métaux non ferreux comme l'aluminium ou le cuivre, à hauteur de 2,4 %. Viennent ensuite les métaux ferreux - 5,6 % - qui composent en général la structure du téléphone. Les substances réglementées entrent pour 24,3 % dans la composition d'un smartphone. Ces substances, dont certaines sont rares sur Terre, sont utilisées pour fabriquer les batteries : leur usage est extrêmement contrôlé. Enfin, un quart des smartphones est composé de cartes électroniques, elles-mêmes faites de métaux et de plastiques. Le reste des téléphones intelligents va se retrouver sous forme de plastiques, qui constituent environ un tiers de l'appareil.

Ainsi, la problématique des matériaux composant nos smartphones - et plus globalement la majorité des appareils électroniques - est très complexe.

Les **matières premières issues des pays instables** interrogent de par leur disponibilité pour le commerce et au-delà, la croissance exponentielle des usages d'appareils électroniques pose la **question essentielle du recyclage**. Cette dernière question, si elle fait l'objet d'une attention particulière des décideurs, semble aujourd'hui très sous-estimée.

Par Pierre Thouverez

20/07/2022

POUR ALLER PLUS LOIN

VERS UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES TIC

Le Green IT a pour ambition d'adresser la question de l'impact environnemental de l'industrie, des produits et services du secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC). L'évolution de ce marché soulève à juste titre des inquiétudes pour l'environnement, l'accroissement de la consommation électrique et le taux des émissions à effet de serre attribués à ce secteur ayant de quoi affoler.

*Un extrait de **GREEN IT : « mythe ou réalité »** par Laurent MOLINARI*

Le terme « GreenIT » est la contraction de Green Information Technology. Ce concept est apparu il y a quelques décennies, mais son émergence réelle dans les domaines liés aux technologies de l'information et de la communication est plus récente. La prise de conscience de l'impact environnemental de l'ensemble du secteur se développe désormais partout dans le monde. Ce domaine a vocation à s'intéresser à l'étude des impacts environnementaux des technologies de l'information et de la communication ainsi qu'aux moyens, solutions et méthodes permettant de les mesurer, de les comprendre, de les maîtriser et, enfin, de les réduire. L'une des particularités du concept est qu'il regroupe une vision ambivalente du rôle des TIC vis-à-vis des sociétés. Il est une démonstration des dangers de la société de surconsommation technologique pour les uns, une opportunité de changer le monde par la technologie pour les autres. Cette ambivalence est caractérisée par des terminologies spécifiques. Il est difficile d'en trouver une origine précise, mais le découpage entre les notions de « Green IT » 1.0 et Green IT 2.0 est effectué depuis maintenant quelques années, notamment par les cabinets

d'analyste.

Les deux côtés d'une même pièce

Les TIC n'ont pas l'image d'une industrie polluante. Pourtant, l'un des chiffres les plus connus, et largement diffusé, indique que le secteur représenterait 2 % de l'impact des gaz à effet de serre mondiaux, ce qui le positionne au niveau du secteur du transport aérien. En France, les TIC représentaient en 2008 13,5 % de la consommation électrique, soit près de 5 % des émissions françaises de gaz à effet de serre. L'inquiétude repose surtout sur l'évolution en forte hausse de ce secteur. Une tendance mondiale qui révèle une évidence : si l'impact unitaire des systèmes informatiques est relativement modeste, la multiplication des usages (34 millions d'internautes et 15 millions d'utilisateurs de téléphonies mobiles en 2008) fait exploser régulièrement la consommation d'énergie de l'ensemble et accentue la pression sur les matières nécessaires à leurs fabrications. Mais si les TIC, de par l'explosion de leur usage et donc des infrastructures et des équipements associés, constituent un sujet d'inquiétude important pour l'environnement, il apparaît qu'elles constituent aussi une opportunité de transformation de la société et peuvent rejoindre des ambitions liées au développement durable.

La notion de « Green IT 2.0 » regroupe ainsi l'ensemble des concepts où les TIC constituent des leviers de transformation et d'amélioration de l'impact environnemental des activités humaines. Le concept regroupe l'ensemble des méthodes et actions permettant, grâce à la mise en œuvre de solutions innovantes, de réduire l'empreinte environnementale d'un secteur d'activité existant. Par empreinte environnementale, l'indicateur CO2 (émissions de gaz à effet de serre) est souvent le seul indicateur suivi. Parmi

les sujets clés et les plus propices à permettre un bénéfice CO2, la [dématisation des échanges et la communication à distance](#) constituent les exemples les plus importants. Le premier concerne notamment les flux papiers : factures, commandes, procédures administratives... La balance environnementale dépend ici de l'économie attendue sur les moyens physiques de production des supports d'échanges (papier, éditique...) et les [moyens de transport de ces supports](#) (courrier postal dans le cas des commandes). Le second repose avant tout sur les systèmes de visioconférence, voire de télé-présence. Dans cette orientation, l'objectif est clairement de développer le travail à distance (le télétravail) afin de jouer sur les émissions CO2 des opérations de transports qui constituent un sujet stratégique dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Exclusif ! L'article complet dans les ressources documentaires en accès libre jusqu'au 4 août 2022 !

[GREEN IT : « mythe ou réalité »](#), par Laurent MOLINARI

21/07/2022

LES THÈSES DU MOIS : QUELS LEVIERS POUR RÉDUIRE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES ?

Pour vous accompagner et vous fournir une information toujours plus riche, Techniques de l'Ingénieur s'associe au Réseau National des Ecoles Doctorales - Sciences Pour l'Ingénieur (REDOC SPI). Chaque mois, notre partenaire sélectionne des thèses en lien avec notre dossier mensuel afin de vous permettre de creuser plus loin les thématiques développées dans le dossier.

Pour notre dossier de juillet, "Quels leviers pour réduire l'impact environnemental des technologies numériques ? ", voici les thèses sélectionnées par le REDOC SPI. Retrouvez le résumé de ces thèses ainsi que les thèses des mois précédents sur [le site de notre partenaire](#).

Cooling and heat recovery of data centers : optimization and energy management Ahmad Alamir SBAITY Thèse de doctorat en Mécanique des fluides, énergétique, thermique, combustion, acoustique, soutenue le 07-01-2022 Laboratoire universitaire des sciences appliquées de Cherbourg

Optimisation des alimentations électriques des Data Centers Nouhaila LAZAAR Thèse de doctorat en Génie électrique, soutenue le 25-02-2021 Laboratoire universitaire des sciences appliquées de Cherbourg

Performance evaluation of green IT networks Youssef AIT EL MAHJOUR Thèse de doctorat en Réseaux, information et communications, soutenue le 18-03-2021 Données

et algorithmes pour une ville intelligente et durable

Évaluation et modélisation de l'impact énergétique des centres de donnée en fonction de l'architecture matérielle/ logicielle et de l'environnement associé Yewan WANG Thèse de doctorat en Informatique, soutenue le 09-03-2020 Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes

Vers la modélisation de clusters de centres de données vertes Dimitra POLITAKI Thèse de doctorat en Informatique, soutenue le 16-07-2019 Institut national de recherche en informatique et en automatique, Unité de Sophia Antipolis.

De la gestion des déchets à l'approvisionnement de matières secondaires : développement d'indicateurs pour la gestion des DEEE - focus sur la filière française Rachel Horta ARDUIN Thèse de doctorat en Procédés de fabrication - Génie mécanique, soutenue le 20-12-2019 Institut de mécanique et d'ingénierie de Bordeaux

Etude d'un procédé plasma thermique pour l'extraction, la récupération et la valorisation d'éléments stratégiques contenus dans des matériaux types DEEE. Jonathan CRAMER Thèse de doctorat en Énergétique, génie des procédés, soutenue le 21-11-2018 Institut de

recherche de chimie Paris

Sustainability and responsibility in the digitalization era : a study of consumer-level 3D printing technology Josip MARIC Thèse de doctorat en Sciences de Gestion, soutenue le 02-11-2018 Montpellier Research in Management

Valorisation des matériaux issus du traitement des écrans plats (LCD) Ana Luisa Barrera Almeida Thèse de doctorat en Chimie des matériaux, soutenue le 07-01-2022 Unité matériaux et transformations

Valorisation des systèmes d'éclairage à LED en fin de cycle de vie Arezki Lotfi BENMAMAS Thèse de doctorat en Matériaux, Mécanique, Optique et Nanotechnologie, soutenue le 14-12-2021 • *Interdisciplinary research on Society-Technology-Environment, InSyTE* • *Lumière- nanomatériaux et nanotechnologies, L2N*

21/07/2022

QUEL EST L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE ?

On imagine difficilement s'en passer. Le numérique fait aujourd'hui largement partie de notre quotidien : messagerie instantanée, réseaux sociaux, vidéos, e-mails, sites web... Mais son utilisation a un réel impact sur l'environnement.

4 %. C'est la part d'émissions de [gaz à effet de serre](#) au niveau mondial liée à l'usage du numérique en 2019, estimée par le think tank The Shift Project dans son rapport « [Déployer la sobriété numérique](#) ». Ces gaz sont émis par la combustion des énergies fossiles (pétrole, le charbon, [gaz](#)). A titre de comparaison et pour montrer l'ampleur de l'impact du numérique, les experts utilisent les émissions des transports aériens « *qui en génère[nt] 2,5 % si on se limite aux émissions directes des avions* », précise Hugues Ferreboeuf, chef de projet au sein du Shift Project, dans un entretien accordé à [Libération](#). En 2017, le numérique représentait environ 2,7 % de la consommation globale d'énergie finale au niveau mondial contre 1,9 % en 2013.

Dans ces 4 % de part du numérique sont compris à la fois l'utilisation des services et la fabrication des terminaux, ces derniers contribuant pour plus de la moitié des émissions comptabilisées selon The Shift Project. Ces terminaux – que sont les smartphones, ordinateurs, etc. – sont connectés entre eux par des infrastructures réseaux (câbles terrestres et [sous-marins](#), antennes de réseaux mobiles, fibres, etc.) pour échanger des informations qui seront ensuite stockées et traitées dans les centres de données (datacenters). « *Or chacun de ces éléments nécessite de l'énergie non seulement pour fonctionner (phase d'utilisation) mais également, avant cela, pour être produit. L'extraction minière des matières premières, les processus industriels puis les livraisons aux consommateurs et consommatrices nécessitent des ressources conséquentes, loin d'être négligeables* » précise le rapport du Shift Project.

Même si l'impact du numérique est « multicritère », les émissions de gaz à effet de serre – notamment le dioxyde de carbone (CO2) – contribuent au réchauffement climatique. Et pour respecter l'Accord de Paris signé en 2015 ([que les Etats-Unis viennent de rejoindre à nouveau](#)) – dont l'objectif est de maintenir ce réchauffement sous les +2°C par rapport à la valeur préindustrielle –, il faudrait réduire les émissions de moitié. Avec une volonté de neutralité carbone à l'horizon 2050 incluse dans la [feuille de route de la France pour lutter contre les changements climatiques](#).

A l'horizon 2025, « *le numérique devrait représenter entre 6,9 et 8,8 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre avec un scénario attendu à 7,6 %, soit un doublement de la part de ce secteur* », publie France Stratégie, institution rattachée au Premier ministre. L'évaluation globale de la consommation énergétique du numérique, reposant sur les chiffres du Shift Project, est détaillée dans un [document de travail réalisé en octobre 2020](#). Sont également mises en avant dans ce rapport deux technologies dites émergentes suscitant « *de fortes craintes en termes énergétiques* », à savoir les [crypto-monnaies reposant sur des blockchains](#) publiques et l'[internet des objets](#), dont la consommation énergétique est peu étudiée.

« *Les chiffres dont on dispose sont basés sur des modèles et contiennent forcément des approximations, explique Hugues Ferreboeuf à Libération. Il n'y a pas de mesure exhaustive à ce jour et l'évaluation de l'empreinte carbone du numérique est encore quelque chose de relativement nouveau. C'est très important de le dire car cela montre bien que l'on n'a pas pris à sa juste mesure l'ensemble des effets sur l'environnement de la révolution numérique, en s'imaginant qu'elle était surtout une solution et très peu un problème pour le climat.* »

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU NUMÉRIQUE : UN ÉTAT DES LIEUX POUR ALLER VERS UN NUMÉRIQUE RESPONSABLE

L'ADEME et l'ARCEP viennent de publier une étude concernant l'évaluation de l'impact environnemental du numérique. Celle-ci confirme notamment l'impact prépondérant de la fabrication de nos équipements et l'importance d'allonger leur durée de vie. La consommation d'électricité liée à l'utilisation des équipements est en revanche la 2e source d'impacts.

Cette étude, réalisée suivant les recommandations méthodologiques des normes ACV¹, met en lumière les réels impacts environnementaux du numérique, sur des bases scientifiques. Elle s'adresse aussi bien aux décideurs qu'à la communauté scientifique, aux acteurs stratégiques français ainsi qu'à l'ensemble des citoyens.

Une approche multicritère pour pousser la réflexion au-delà de l'empreinte carbone

Alors que le numérique est actuellement responsable de 3,5 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, **cette empreinte carbone risque de doubler d'ici 2025** avec l'augmentation des usages. Néanmoins, comme le soulignent les auteurs de cette étude multicritères² dans leurs conclusions, les impacts ne se limitent pas aux émissions de gaz à effet de serre puisque l'utilisation de **ressources minérales et fossiles** ainsi que les émissions de radiations ionisantes sont prépondérantes.

Les terminaux utilisateurs ont l'impact le plus fort

Afin de fournir une analyse complète des causes d'impact, les services numériques ont été découpés en trois segments indépendants.

- Les terminaux utilisateurs : téléviseurs (11% à 30% des

impacts), ordinateurs, tablettes, smartphones, consoles, écrans, etc.

- Les réseaux : fixes (xDSL, FFTx) et mobiles (2G, 3G, 4G, 5G).
- Les centres de données (Datacenters) : les impacts environnementaux dépendent de la surface des salles informatiques, du nombre de serveurs et de la consommation électrique.

Selon un premier niveau d'analyse, les terminaux utilisateurs sont responsables de 63,6 % à 92 % des impacts environnementaux du numérique, alors que les centres de données et les réseaux se partagent la seconde place (de 4 % à 22,3 % pour les centres de données et de 2 % à 14 % pour les réseaux)

L'impact de la fabrication des équipements arrive en tête

Une recherche plus poussée met en évidence le fait que la phase de fabrication est la principale source d'impact, et ce pour deux raisons.

La première vient du fait que les procédés de fabrication des **équipements numériques** sont très énergivores. Or, comme ces équipements sont fabriqués dans des pays dont le mix énergétique est fortement carboné (Asie et États-Unis), cela impacte l'ensemble des indicateurs.

La seconde raison concerne la forte consommation de **terres rares** et de ressources critiques ou précieuses. En effet, en plus de nécessiter beaucoup d'énergie et de ressources pour leur extraction, ces matériaux génèrent une

quantité importante de déchets.

La phase d'utilisation arrive en deuxième position **et les impacts concernent principalement la consommation d'électricité.**

Enfin, l'impact de la distribution semble être moins important, bien que non négligeable.

L'importance d'allonger la durée de vie des équipements

En pointant du doigt l'impact de la fabrication des équipements numériques, cette étude confirme l'importance des politiques visant à allonger leur durée de vie, par exemple via le réemploi, le reconditionnement ou la réparation.

Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si [un autre rapport de l'ADEME](#) a été publié en même temps que celui-ci. Ce rapport de synthèse intermédiaire – dont les résultats sont en cours de revue critique – concerne cette fois l'évaluation de l'impact environnemental d'un smartphone reconditionné. Il met notamment en évidence que « *faire l'acquisition d'un téléphone mobile reconditionné permet une réduction d'impact environnemental annuel de 91 % à 55 % selon les indicateurs par rapport à l'utilisation d'un smartphone neuf.* »

Cela représente 82 kg de matières premières dont l'extraction est évitée et 25 kg d'émissions de gaz à effet de serre en moins chaque année. Les 2,8 millions de smartphones reconditionnés vendus en 2020 ont ainsi permis d'économiser 229 000 tonnes de matières premières et d'éviter l'émission de 70 000 tonnes d'équivalent CO2.

La sobriété numérique : la clé pour réduire nos impacts

Les trois quarts des impacts environnementaux du numérique sont dus à la fabrication des appareils. Commencer par limiter la fréquence de renouvellement de nos équipements est donc un point de départ pour aller vers plus de sobriété dans nos pratiques numériques. À ce sujet, l'ADEME vous donne également les clés pour agir, à travers un guide au nom évocateur : [en route vers la sobriété numérique.](#)

(1) ISO 14040 : 2006, 14044 : 2006 et revue critique selon ISO 14071

(2) LEES PERASSO Etienne, VATEAU Caroline, DOMON Firmin, ADEME, Arcep, BUREAU VERITAS, A. THEOBALD

09/02/2022

LE TANTALE, UN ÉLÉMENT EXCEPTIONNEL MAIS CONTROVERSÉ

Le tantale est un métal gris qui est extrait de mines, souvent en association avec d'autres éléments, en particulier avec le Niobium dans un mélange appelé « coltan » (c'est une contraction de « colombite » et « tantalite », minerais bruts contenant respectivement ces deux éléments). Il appartient à la liste des matières premières critiques, établie par l'Union Européenne et les Etats-Unis[1]. Il est également qualifié de « minerai de conflit » [2]. Quelles sont donc ses particularités controversées ?

Le tantale a un aspect banal et un nom issu de la mythologie grecque, ce qui ne laisse en rien deviner l'attention et la tension qu'il génère sur la scène internationale. Nous nous attacherons à décrypter tout au long de cet article cet élément stratégique.

Le tantale, un élément devenu indispensable dans la révolution numérique en particulier et dans l'industrie en général

Cet élément, bien qu'utilisé à l'échelon mondial en quantités nettement inférieures à d'autres métaux (environ 1800 tonnes) tels que le cuivre (environ 20,9 millions de tonnes) ou le fer (environ 2,5 milliards de tonnes), est considéré comme un métal stratégique. Ses propriétés électriques exceptionnelles ont permis de construire des transistors miniatures présents dans les smartphones, les ordinateurs portables, les caméras, etc. et généralement dans tous les appareils électroniques à la pointe de la technologie. **Le tantale est donc un élément clé de la révolution numérique que nous vivons actuellement.**

D'autres propriétés, de type mécanique et thermique, en font un additif précieux dans la fabrication de superalliages, d'instruments de coupe et de chirurgie dentaire par exemple. Sa biocompatibilité est mise à profit dans les implants médicaux.

En fait, **les deux grands domaines de haute technologie consommateurs de tantale** sont l'électronique (transistors et couches conductrices dans les TV à écran plat, les têtes d'imprimante et les clés USB) et l'aéronautique, sous la forme de superalliages brevetés et appartenant à des séries telles que celles des **Monel(R), des Inconel(R), des Incoloy(R) ou encore des Waspaloy(R)**.

Les superalliages utilisés dans l'aéronautique

Afin d'illustrer les propriétés exceptionnelles du tantale, nous nous intéressons à son utilisation dans la fabrication de certaines pièces de **turbine de moteurs à réaction**, telles que les disques ou aubes. La défaillance de ces pièces peut engendrer la perte de l'avion. Elles doivent donc être construites selon un cahier des charges très exigeant. Nous citerons ici le **superalliage « Inconel 718 », à base de nickel et chrome, avec environ 5 % de tantale/niobium.**

Les turbines d'avion à réaction subissent de violentes sollicitations au niveau mécanique et thermique car elles endurent le passage des gaz à hautes pressions et hautes températures pouvant monter respectivement jusqu'à 1370 bars et 1200°C [3] (à titre de comparaison : la pression atmosphérique est d'environ 1 bar). Ces sollicitations induisent une **fatigue des matériaux** par fluage (c'est-à-dire la déformation irréversible du matériau par contraintes mécaniques), par oxydation ou corrosion, ces deux dernières étant des réactions chimiques qui modifient la surface du matériau et parfois même l'intérieur, la fragilisant et provoquant à long terme sa rupture.

Le tantale est un additif, c'est-à-dire qu'il est ajouté en petites quantités dans l'alliage à base de nickel-chrome afin de durcir le mélange d'une part et de le rendre plus résistant à la corrosion chaude (réactions chimiques à haute température en présence d'eau de mer, qui rongent le matériau) d'autre part.

La présence de tantale dans les superalliages permet donc à ces derniers d'augmenter leurs performances mécaniques et chimiques à très hautes températures et pressions, et de répondre aux besoins très particuliers de l'aéronautique.

Le tantale en tant que minerai de conflits

Les ressources de tantale sont réparties dans plusieurs pays : l'Australie, le Brésil, la Chine, le Canada et plusieurs pays Africains, dont la République Démocratique du Congo (RD Congo) et le Rwanda. La grande majorité du tantale (entre 70 et 80% de la production mondiale) provient de la RD Congo. Or, [les mines y sont exploitées de manière artisanale, à la pelle et à la pioche](#). Les conditions de [travail des adultes, mais aussi des enfants](#) (mentionnons ici que le droit international des enfants interdit leur exploitation par le travail), sont dénoncées par plusieurs organismes et journalistes [4]. De plus, les bénéfices des ventes de coltan extrait de ces mines congolaises alimenteraient l'achat d'armes servant à entretenir les [conflits armés](#) qui sévissent depuis une vingtaine d'années, dont les premières victimes sont les civils.

C'est la raison pour laquelle le tantale, mais aussi l'étain, le tungstène et l'or sont appelés « [minerais de conflit](#) ».

Existe-t-il des alternatives au tantale ?

Bien que les propriétés chimiques du niobium et du tantale soient très proches (ils ont le même degré d'oxydation, le même rayon entre autres), ils ne sont pas interchangeables, du moins dans les alliages à base de nickel. En effet, [leurs rôles au niveau de la structure cristalline du superalliage dans sa globalité, ne sont pas les mêmes](#). De plus, le niobium forme un ensemble avec le nickel, appelé phase γ' , qui doit se trouver en quantité contrôlée.

Ainsi, il semble difficile de remplacer le tantale dans les superalliages existants actuellement dans l'industrie aéronautique en particulier, et l'industrie en général. Il semble également difficile de remplacer le tantale dans les transistors miniatures. L'alternative au tantale, si elle existe, ne semble pas concerner les matériaux et produits de

consommation existants actuellement.

Une solution par contre au problème du minerai de conflit serait de développer des procédés chimiques plus respectueux de la santé humaine et de l'environnement que ceux actuels (basés sur l'utilisation de mélanges liquides incluant de l'acide fluorhydrique très agressif) et permettant d'extraire le tantale d'autres gisements que ceux du Congo. C'est le cas du « [procédé Maboumine](#) » développé par Eramet Research et l'institut de recherche de chimie ParisTech. C'est également l'un des objectifs de l'association internationale [Prométia](#).

Une autre solution serait de changer de paradigme (démarche spécifique à la DeepTech) en recherchant des matériaux innovants ou une conception différente pour créer des objets ayant les mêmes fonctions que celles de nos objets usuels actuels. Cette démarche semblerait logique, bien que radicale, dans l'optique d'un [épuisement des ressources terrestres de tantale à l'horizon 2038](#). Cette démarche résoudrait alors tous les problèmes évoqués précédemment.

[1] Article « [Les « terres rares » et autres matériaux critiques et stratégiques, au cœur des conflits de demain ?](#) » rédigé par Jean-François Guilhaudis et Jacques Fontanel

[2] Episode du podcast Cogitons Sciences de Techniques de l'Ingénieur avec Marianna Reyne sur les « [minerais de conflit](#) »

[3] Mémoire de thèse rédigé en 2020 par Tom Sanviemvongsak, intitulé « [Oxydation et corrosion à haute température de superalliages à base de nickel issus de la fabrication additive](#) »

[4] Article « [Le coltan, pour le meilleur et pour le pire](#) », rédigé par Louis-Nino Kansoun pour le site internet écofin

09/06/2022

ÉCOUTEZ NOTRE PODCAST COGITONS SCIENCES : UNE INDUSTRIE ACCRO AUX MINÉRAIS DE CONFLIT [MATÉRIAUX, HISTOIRE D'UNE VIE #1]

Bienvenue dans le treizième épisode de Cogitons Sciences, le podcast qui décrypte les enjeux des sciences ! Pour cette nouvelle mini-série, dédiée aux matériaux, nous nous sommes intéressés aux “minerais de conflit”, massivement employés par l’industrie électronique. Notre invitée Marianna Reyne, juriste en droit de l’environnement industriel et actuellement responsable gestion de risque dans le secteur des transports, revient sur les enjeux liés à leur utilisation.

Qu’appelle-t-on “minerais de conflits” ? Pourquoi leur extraction et leur utilisation sont-elles problématiques ? Pourrait-on un jour réglementer ce commerce ?

[Vous pouvez écouter l’épisode en suivant ce lien !](#)

Les 3TG [1 : 30 - 7 : 07]

“L’expression “minerais de conflit” vient du fait que l’exploitation de ces minerais participe à alimenter des conflits armés dans plusieurs régions du monde”, nous explique Marianna Reyne. Parmi la soixantaine de métaux entrant dans la composition des équipements électroniques, quatre de ces métaux sont issus de minerais de conflit : “le tantale qui est issu de la colombite-tantalite (le coltan), l’étain qui provient de la cassitérite, le tungstène dont l’origine est la wolframite, et l’or”. Ces métaux sont désignés par un sigle : “3TG” (pour tin, tantalum, tungsten et gold, en anglais). Ils viennent principalement de pays détenant “des ressources

minières très importantes” : la République Démocratique du Congo, du Rwanda, du Burundi, de l’Ouganda, la Colombie, la Birmanie et l’Afghanistan. “Qu’il s’agisse d’opérations minières artisanales non réglementées ou d’activités industrielles, l’exploitation de ces minerais est illégale et entraîne de nombreuses dégradations sur l’environnement et des violations des droits humains”, souligne Marianna Reyne.

Des conséquences humaines et environnementales alarmantes [7 : 51 - 17 : 48]

Il est estimé que l’extraction illégale de la cassitérite, du coltan et de l’or a provoqué en RDC l’enlèvement de la couverture végétale de la forêt ainsi qu’une très importante pollution : citons par exemple la dégradation des zones situées le long des rivières, dont résultent des problèmes d’érosion, un envasement de l’eau et un dépôt de résidus contaminants (dont mercure et cyanure) déversés dans les rivières. Quant aux conséquences humaines, elles aussi bien connues : “la violence et l’insécurité, qui caractérisent l’Est de la RDC, perdurent du fait de la compétition pour ce contrôle du commerce des minerais entre groupes rebelles, milices locales et forces armées des États voisins. Le contrôle illégal par les groupes armés et l’inaction étatique provoquent une situation humanitaire désastreuse dans la région : affrontements, violations des droits de l’Homme, travail forcé (y compris travail des enfants), violences sexuelles, attaques contre les civils... “En 2014, l’Unicef avait évalué à 40 000 le nombre d’enfants qui

travaillaient dans les mines du Sud de la RDC”, précise Marianna Reyne.

Face à cette situation, l'Europe a légiféré, à la suite des Etats-Unis. “L'Union Européenne a adopté le 16 mars 2017 un règlement qui établit des obligations liées au devoir de diligence à respecter par les importateurs de l'UE [...], détaille Marianne Reyne. Depuis le 1er janvier 2022, tout importateur de ces minerais qui dépasse les seuils fixés par le texte du règlement et qui importe ces minerais de zones de conflit ou à haut risque [...] doit respecter un certain nombre d'obligations [...]”. Cependant, cette réglementation est sous le feu des critiques : on lui reproche, entre autres, de ne pas prévoir de mécanismes de sanctions. “Jusqu'ici, aucun pays n'a mis en place des mesures pour aller voir si les fonderies et les affineries respectent le devoir de diligence”.

Et la RSE dans tout ça ? [18 : 11 - 21 : 59]

Selon Marianna Reyne, les entreprises s'appuient sur un guide publié par l'OCDE en 2011 : considéré comme le standard de référence en matière de responsabilité sociale des entreprises, ce guide est consacré au devoir de diligence pour les chaînes d'approvisionnement responsable en minerais provenant de zones de conflit. “On a aussi vu apparaître un certain nombre d'initiatives et de programmes venant de l'industrie, du téléphone ou de l'étain par exemple, et ces initiatives ont plus ou moins bien fonctionné [...]”.

Des tensions au cœur de l'actualité [22 : 48 - 32 : 31]

“S'agissant de la crise du Covid-19, analyse Marianna Reyne, les politiques publiques qui ont été adoptées de par le monde ont provoqué d'énormes problèmes liés aux arrêts de production, à la fois du fait des confinements des populations et de cette instabilité généralisée qui a été créée. Ce que l'on observe, ce sont des crises de production et de logistiques majeures qui ont généré elles-mêmes des pénuries en cascade”. Exemple le plus emblématique : la pénurie des semi-conducteurs électroniques.

[Pour écouter cet épisode, c'est par ici.](#)

Références citées :

[Guide OCDE](#)

[iTSCi](#)

Sur le travail des enfants dans les mines de la RDC, nous vous conseillons [cet article d'Amnesty International](#) (qui cite les chiffres de l'Unicef)

Ressources pour aller plus loin :

Le film documentaire Virunga (sorti en 2014)

Le livre Cobalt Blues, d'Erik Bruyland (publié en 2021)

L'entreprise néerlandaise [Fairphone](#)

Marianna Reyne est auteure aux éditions Techniques de l'Ingénieur. À l'occasion de la sortie de cet épisode, l'un des articles de référence qu'elle a rédigé pour nous est **en accès libre**, exceptionnellement et **jusqu'au 16 mai !**

Suivez ce lien pour télécharger gratuitement l'article “Minerais de conflit utilisés dans l'industrie électronique” !

Cogitons Sciences est un podcast produit par Techniques de l'Ingénieur. Cet épisode a été réalisé par Intissar El Hajj Mohamed, en collaboration avec Marie-Caroline Lorient. Le générique a été réalisé par Pierre Ginon et le visuel du podcast a été créé par Camille Van Belle.

02/05/2022

Gagnez du temps et sécurisez vos projets en utilisant une source actualisée et fiable



RÉDIGÉE ET VALIDÉE
PAR DES EXPERTS




MISE À JOUR
PERMANENTE



100 % COMPATIBLE
SUR TOUS SUPPORTS
NUMÉRIQUES



SERVICES INCLUS
DANS CHAQUE OFFRE

- > + de 340 000 utilisateurs chaque mois
- > + de 10 000 articles de référence et fiches pratiques
- > Des Quiz interactifs pour valider la compréhension 

SERVICES ET OUTILS PRATIQUES



Questions aux experts*

Les meilleurs experts techniques et scientifiques vous répondent



Articles Découverte

La possibilité de consulter des articles en dehors de votre offre



Dictionnaire technique multilingue

45 000 termes en français, anglais, espagnol et allemand



Archives

Technologies anciennes et versions antérieures des articles



Info parution

Recevez par email toutes les nouveautés de vos ressources documentaires

*Questions aux experts est un service réservé aux entreprises, non proposé dans les offres écoles, universités ou pour tout autre organisme de formation.

Les offres Techniques de l'Ingénieur

INNOVATION

- Éco-conception et innovation responsable
- Nanosciences et nanotechnologies
- Innovations technologiques
- Management et ingénierie de l'innovation
- Smart city – Ville intelligente

MATÉRIAUX

- Bois et papiers
- Verres et céramiques
- Textiles
- Corrosion – Vieillessement
- Études et propriétés des métaux
- Mise en forme des métaux et fonderie
- Matériaux fonctionnels. Matériaux biosourcés
- Traitements des métaux
- Élaboration et recyclage des métaux
- Plastiques et composites

MÉCANIQUE

- Frottement, usure et lubrification
- Fonctions et composants mécaniques
- Travail des matériaux – Assemblage
- Machines hydrauliques, aérodynamiques et thermiques
- Fabrication additive – Impression 3D

ENVIRONNEMENT – SÉCURITÉ

- Sécurité et gestion des risques
- Environnement
- Génie écologique
- Technologies de l'eau
- Bruit et vibrations
- Métier : Responsable risque chimique
- Métier : Responsable environnement

ÉNERGIES

- Hydrogène
- Ressources énergétiques et stockage
- Froid industriel
- Physique énergétique
- Thermique industrielle
- Génie nucléaire
- Conversion de l'énergie électrique
- Réseaux électriques et applications

GÉNIE INDUSTRIEL

- Industrie du futur
- Management industriel
- Conception et production
- Logistique
- Métier : Responsable qualité
- Emballages
- Maintenance
- Traçabilité
- Métier : Responsable bureau d'étude / conception

ÉLECTRONIQUE – PHOTONIQUE

- Électronique
- Technologies radars et applications
- Optique – Photonique

TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

- Sécurité des systèmes d'information
- Réseaux Télécommunications
- Le traitement du signal et ses applications
- Technologies logicielles – Architectures des systèmes
- Sécurité des systèmes d'information

AUTOMATIQUE – ROBOTIQUE

- Automatique et ingénierie système
- Robotique

INGÉNIERIE DES TRANSPORTS

- Véhicule et mobilité du futur
- Systèmes aéronautiques et spatiaux
- Systèmes ferroviaires
- Transport fluvial et maritime

MESURES – ANALYSES

- Instrumentation et méthodes de mesure
- Mesures et tests électroniques
- Mesures mécaniques et dimensionnelles
- Qualité et sécurité au laboratoire
- Mesures physiques
- Techniques d'analyse
- Contrôle non destructif

PROCÉDÉS CHIMIE – BIO – AGRO

- Formulation
- Bioprocédés et bioproductions
- Chimie verte
- Opérations unitaires. Génie de la réaction chimique
- Agroalimentaire

SCIENCES FONDAMENTALES

- Mathématiques
- Physique Chimie
- Constantes physico-chimiques
- Caractérisation et propriétés de la matière

BIOMÉDICAL – PHARMA

- Technologies biomédicales
- Médicaments et produits pharmaceutiques

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS

- Droit et organisation générale de la construction
- La construction responsable
- Les superstructures du bâtiment
- Le second œuvre et l'équipement du bâtiment
- Vieillessement, pathologies et réhabilitation du bâtiment
- Travaux publics et infrastructures
- Mécanique des sols et géotechnique
- Préparer la construction
- L'enveloppe du bâtiment
- Le second œuvre et les lots techniques

OFFRE



Documents numériques Gestion de contenu

Améliorez votre productivité avec une chaîne documentaire performante !

Ref : TIP403WEB

PRÉSENTATION

Les connaissances indispensables en matière de **structuration et de traitement des documents numériques**: XML, métadonnées,

Un panorama des méthodes de **conception de documents multimédias**: ergonomie, architecture, interfaces,

Une description détaillée des **technologies d'acquisition et de restitution**: de la reconnaissance de documents aux formats de description de pages,

Le point sur les techniques et **outils de gestion de contenu**: workflow, EDI et archivage de données.

VOTRE COMMANDE :

| Référence | Titre de l'ouvrage | Prix unitaire H.T | Qté | Prix total H.T |
|----------------|---|-------------------|-----|-------------------|
| TIP403WEB | Documents numériques Gestion de contenu | 1 045 € | 1 | 1 045 € |
| Total H.T en € | | | | 1 045 € |
| T.V.A : 5,5% | | | | 57,48 € |
| Total TTC en € | | | | 1 102,48 € |

VOS COORDONNÉES :

Civilité M. Mme

Prénom _____

Nom _____

Fonction _____

E-mail _____

Raison sociale _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

Pays _____

Date :

Signature et cachet obligatoire

CONDITIONS GÉNÉRALES DE VENTE

Conditions générales de vente détaillées sur simple demande ou sur www.technique-ingenieur.fr

Si vous n'êtes pas totalement satisfait, vous disposeriez d'un délai de 15 jours à compter de la réception de l'ouvrage pour le retourner à vos frais par voie postale. Livraison sous 30 jours maximum.