



# L'informatique durable au-delà du centre de données

*La décarbonisation avec le cloud hybride*

# À propos des auteurs



---

## *Sreejit Roy*

Responsable mondial de la modernisation et  
du développement des applications, Services  
d'applications cloud, IBM Consulting  
[linkedin.com/in/sreejit-roy](https://www.linkedin.com/in/sreejit-roy)  
[sreejit.roy@in.ibm.com](mailto:sreejit.roy@in.ibm.com)

Fort de plus de 25 ans de carrière dans les secteurs de la fabrication,  
du conseil aux entreprises et des services informatiques, Sreejit  
possède une vaste expérience dans la gestion des besoins  
métier d'entreprises internationales de premier plan et dans  
l'accompagnement de leur transformation. Il occupe actuellement  
le poste de responsable mondial de la création, de la migration  
et de la modernisation des applications chez IBM Consulting.

---

## *Diptiman Dasgupta*

Directeur associé et architecte en  
technologie de l'information, IBM  
[linkedin.com/in/diptimandasgupta](https://www.linkedin.com/in/diptimandasgupta)  
[ddasgupta@in.ibm.com](mailto:ddasgupta@in.ibm.com)

Fort de plus de 23 ans de carrière dans le conseil et la recherche  
en informatique, Diptiman (DD) possède une vaste expérience  
dans l'architecture et la mise en œuvre de systèmes complexes.  
DD est un technologue expérimenté dans les domaines techniques  
émergents, tels que la blockchain et l'informatique quantique,  
ainsi que l'informatique responsable et l'informatique verte, qu'il  
supervise en tant qu'architecte en chef chez IBM Consulting. DD  
a plusieurs brevets à son actif et est l'auteur de plusieurs publications  
sur les technologies émergentes dans des revues prestigieuses.

---

## *Charbak Roy*

Architecte de solutions cloud, IBM  
[linkedin.com/in/charbak-roy-83b0901a9](https://www.linkedin.com/in/charbak-roy-83b0901a9)  
[charbak.roy@in.ibm.com](mailto:charbak.roy@in.ibm.com)

Architecte principal de solutions chez IBM Consulting, Charbak  
compte 16 ans d'expérience en informatique. Il est architecte  
professionnel Google Cloud, architecte de solutions AWS et  
administrateur OpenShift certifié Red Hat. Il occupe le poste  
d'architecte principal pour l'informatique verte dans le domaine  
des pratiques de développement durable à l'échelle mondiale.

---

## *Nalini Manuru Dixit*

Conseillère en transformation,  
Cloud Advisory, IBM  
[linkedin.com/in/nalini-manuru](https://www.linkedin.com/in/nalini-manuru)  
[nalini\\_manuru@in.ibm.com](mailto:nalini_manuru@in.ibm.com)

Nalini aide ses clients à redéfinir l'expérience client et  
à créer un impact commercial grâce à une stratégie innovante  
centrée sur le client. Elle est spécialisée dans la résolution  
des problèmes métier des clients grâce aux technologies  
numériques et émergentes, au cloud hybride et à tout ce qui  
a trait aux données. Elle a dirigé des missions d'innovation  
et de transformation digitales couvrant la transformation du  
cloud hybride, la mobilité d'entreprise, les appareils connectés,  
la gestion intelligente des actifs, les jumeaux numériques,  
les bâtiments à énergie zéro, les zones d'habitations/villes  
intelligentes, l'HSE et le développement durable.



*L'informatique responsable et l'informatique verte sont des outils essentiels qui peuvent aider les entreprises à atteindre leurs objectifs de développement durable, et le cloud hybride est un catalyseur essentiel.*

## Points essentiels à retenir

- Les centres de données physiques sont le point de départ de l'informatique responsable et de l'informatique verte, mais cela va plus loin.

La capacité énergétique mondiale des centres de données a augmenté de 43 % au cours des 3 dernières années.<sup>1</sup> L'informatique verte, ou informatique durable, est devenue cruciale. Une comptabilité carbone détaillée permet aux entreprises de trouver le meilleur moyen de réduire de manière significative les émissions de carbone à chaque niveau de leur infrastructure informatique.

- Le codage logiciel durable est essentiel.

Les développeurs de logiciels peuvent jouer un rôle central dans la promotion de l'informatique responsable et de l'informatique verte. Il convient de les encourager à adopter un état d'esprit durable qui se manifeste sous la forme d'un codage et d'une conception écologiques, en utilisant le bon langage pour la bonne charge de travail afin de réduire la puissance de calcul et, par conséquent, la consommation d'énergie. Le passage d'un langage de programmation à un autre permet de réduire jusqu'à 50 % la consommation d'énergie d'une application.<sup>2</sup>

- Le cloud hybride est un catalyseur de l'informatique verte.

Le cloud hybride est un catalyseur essentiel de l'informatique responsable et de l'informatique verte. En permettant une visibilité accrue, une plus grande intégration et des capacités améliorées à travers le parc informatique dans le cloud, les entreprises peuvent progresser plus rapidement sur la voie de la neutralité carbone. L'exécution de charges de travail dans une plateforme de conteneur plutôt que dans un environnement de machine virtuelle (VM) classique peut réduire les coûts annuels d'infrastructure de 75 %, en partie grâce à une efficacité énergétique accrue.<sup>3</sup>

# Le cloud hybride peut améliorer les performances ; l'informatique responsable et l'informatique verte peuvent améliorer la planète.

*L'optimisation, l'efficacité et la transformation* sont des concepts qui font aujourd'hui partie du quotidien des dirigeants d'entreprise, non seulement parce qu'ils sont avantageux pour l'entreprise, mais aussi parce qu'ils sont bénéfiques pour l'environnement. En effet, les dirigeants intègrent de plus en plus le développement durable au cœur de leurs activités. Les preuves sont là : 86 % des entreprises ont maintenant une stratégie de développement durable, et ce dernier est l'une des plus grandes priorités au cours des 3 prochaines années pour plus de la moitié des entreprises.<sup>4</sup>

Alors que les entreprises élaborent et suivent leur feuille de route pour le développement durable, il existe un levier essentiel qui peut les aider à obtenir de meilleurs résultats à la fois pour elles-mêmes et pour l'environnement, à savoir les technologies numériques. Et pour celles qui exploitent ce levier, l'informatique verte devient une destination de plus en plus intéressante.

En effet, l'informatique verte – l'utilisation de pratiques et d'outils respectueux de l'environnement par les services informatiques – est en train de devenir l'incarnation parfaite de la responsabilité sociale des entreprises grâce à la convergence du développement durable et de la numérisation.

Exemple concret : 42 % des DSI affirment que le développement durable est un domaine au sein de leur organisation où la technologie aura le plus grand impact au cours des 3 prochaines années.<sup>5</sup>

Alors que la technologie devient un catalyseur du développement durable, le DSI jouera un rôle essentiel dans le succès des initiatives de développement durable de l'entreprise. « Les directeurs des systèmes d'information sont devenus des acteurs clés dans les programmes de développement durable de leurs entreprises, en dirigeant les efforts pour transférer les applications de traitement informatique gourmandes en énergie vers le cloud et déployer des technologies visant à réduire la consommation d'énergie et le gaspillage », a rapporté le *Wall Street Journal* au début de cette année.<sup>6</sup>

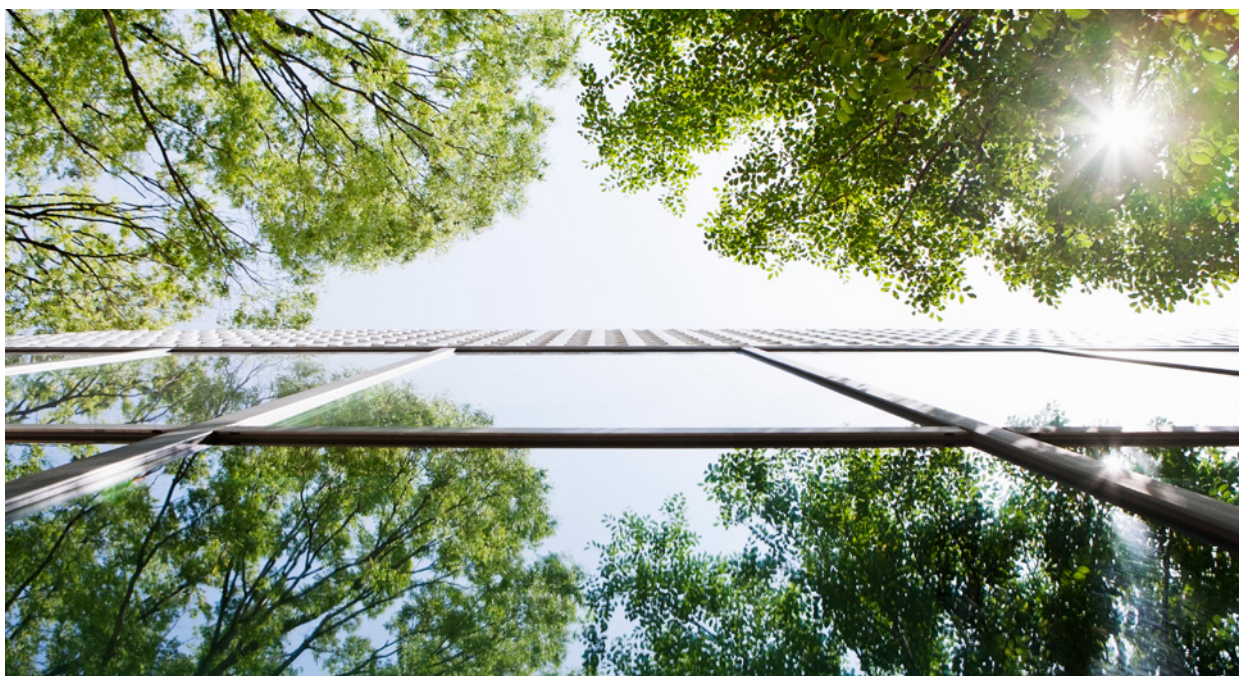


Le mot « *cloud* » est peut-être ici le maître mot puisque 97 % des entreprises ont testé, mis en œuvre ou intégré le cloud dans leurs opérations.<sup>7</sup> Plus précisément, le cloud hybride prend désormais en charge la grande majorité des initiatives de développement durable réalisées par les entreprises. En fait, 70 % des leaders du développement durable utilisent le cloud hybride pour faire progresser leurs objectifs de développement durable.<sup>8</sup>

De toute évidence, le cloud, et le cloud hybride en particulier, est à l'origine d'initiatives de transformation et de développement durable pour l'ensemble de l'entreprise. Et pourtant, l'impact environnemental du cloud lui-même peut être considérable : les logiciels basés sur le cloud sont utilisés sur des appareils mobiles et des ordinateurs, mais ils sont hébergés sur du matériel dans des centres de données distants. Bien que le logiciel lui-même ne consomme pas d'énergie, le matériel sur lequel il repose, y compris les processeurs, la mémoire, le stockage et les réseaux, en consomme.

Le cloud hybride ouvre de nouvelles perspectives pour « écologiser » l'informatique. Au lieu de se focaliser sur l'efficacité énergétique et les émissions de chaque serveur ou centre de données, les DSI peuvent s'attacher à améliorer la durabilité de l'ensemble de leur parc informatique dans le cloud et de leurs opérations informatiques. Alors que les DSI s'efforcent de réduire l'empreinte carbone de leur entreprise, ils peuvent exploiter le cloud hybride pour leurs données, leurs charges de travail et leurs applications, contribuant ainsi à réduire la quantité d'énergie consommée dans l'entreprise.

Mais pour déployer le cloud hybride au profit de la Terre et de l'entreprise, il ne suffit pas d'appuyer sur un bouton. Au contraire, cela nécessite une compréhension approfondie de l'impact environnemental de l'informatique, des défis fondamentaux auxquels se heurtent les initiatives d'informatique verte et des leviers essentiels que les entreprises peuvent exploiter pour rendre leur informatique plus durable, non seulement dans les centres de données à forte intensité de carbone, mais aussi dans l'ensemble de leurs opérations informatiques.



# Comprendre l'empreinte carbone de l'informatique

Le cloud hybride ouvre de nouvelles perspectives pour « écologiser » l'informatique.

Pour écologiser leurs opérations informatiques, les dirigeants d'entreprise doivent d'abord comprendre ce qui contribue à leur empreinte carbone. Il existe généralement 4 principales sources interdépendantes d'émissions de carbone, à savoir : les centres de données, les big data et les analyses, la sécurité et la cryptographie, et la consommation d'Internet (voir la figure 1 à la page 5).

Collectivement, les centres de données du monde entier consomment 200 à 250 térawattheures (TWh) d'électricité, selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Cela représente environ 1 % de la demande mondiale d'électricité et environ 0,3 % de toutes les émissions mondiales de carbone.<sup>9</sup> La demande pour les centres de données et les services réseau ne va cesser d'augmenter à l'avenir, consommant encore plus d'électricité et produisant encore plus de carbone. Selon certaines estimations, il y a eu une augmentation absolue de 43 % de la demande de capacité électrique par les opérateurs de centres de données entre 2018 et 2021, et le marché mondial des centres de données va croître de plus de 30 % entre 2021 et 2027.<sup>10</sup> Il est donc essentiel de prendre des mesures afin d'améliorer l'efficacité énergétique des centres de données, et de réduire leur consommation d'énergie et leur impact carbone.

L'appétit vorace pour les analyses basées sur les données afin de faciliter la prise de décision, associé à l'accessibilité de la puissance de calcul sur site et dans le cloud, est l'un des principaux moteurs de la demande en capacité des centres de données, et de la demande en électricité pour les alimenter. De plus, comme les données introduisent de plus en plus de processus métier et de décisions commerciales, le besoin en sécurité augmente en conséquence. Parce qu'ils nécessitent une puissance de calcul plus importante, les mécanismes de chiffrement, la sécurité des applications, la blockchain et les algorithmes gourmands en ressources CPU peuvent accroître les besoins énergétiques des logiciels, ce qui augmente également leur empreinte carbone.

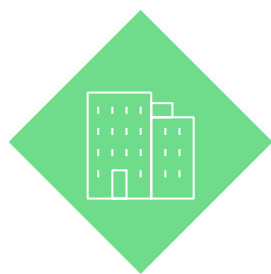
En outre, les gens passant plus de temps chez eux durant la pandémie de COVID-19, les services de streaming, les vidéoconférences, les jeux en ligne et les réseaux sociaux ont connu un essor important. En conséquence, le trafic Internet mondial a augmenté de plus de 40 % en 2020. Cette croissance vient s'ajouter à la demande accrue en services numériques avant la pandémie : depuis 2010, le nombre d'internautes dans le monde a doublé et le trafic Internet mondial a été multiplié par 15.<sup>11</sup> Alors que le trafic Internet ne cesse d'augmenter avec, par exemple, l'expansion de l'Internet des objets (IoT), les émissions issues de l'informatique augmentent aussi.

FIGURE 1

## Le carbone et l'informatique

Au mieux, la technologie est source d'informations, d'efficacité et de productivité. Malheureusement, elle génère aussi du carbone.

# 4 principales sources d'émissions



### Centres de données

À l'échelle mondiale, les centres de données consomment 200 à 250 térawattheures d'électricité\*.



### Analyse du big data

La demande accrue en données a entraîné une augmentation de la demande en serveurs et, par conséquent, en électricité.



### Sécurité

L'ajout de fonctions de sécurité aux logiciels peut augmenter leurs besoins en énergie.



### Utilisation d'Internet

Depuis 2010, le nombre d'internautes dans le monde a doublé et le trafic Internet mondial a été multiplié par 15\*.

\*Source : George Kamiya. « Data Centres and Data Transmission Networks. » Agence internationale de l'énergie (AIE). Novembre 2021. <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>

# Les défis de l'informatique verte

Les départements informatiques doivent disposer d'outils leur permettant de mesurer avec précision leurs émissions de carbone.

Pour favoriser une croissance aussi responsable que robuste, le gouvernement et l'industrie devront redoubler d'efforts au cours de la prochaine décennie pour promouvoir l'efficacité énergétique, encourager l'utilisation de sources d'énergies renouvelables et stimuler la recherche, la conception et le développement de technologies informatiques vertes.

Mais la mise à l'échelle de l'informatique verte ne sera pas chose facile. Pour être prêts, les responsables informatiques doivent surmonter 3 grands défis :

## 1. Une comptabilité carbone complexe

Afin de réduire l'empreinte carbone des centres de données, des applications et de l'infrastructure, les départements informatiques doivent disposer d'outils permettant de mesurer avec précision leurs émissions de carbone. Bien que leur disponibilité et leur capacité soient actuellement limitées, de tels outils sont en cours de développement et joueront un rôle important dans l'écologisation de l'informatique à l'avenir.

L'essor du cloud computing vient compliquer la comptabilité carbone. Dans certains secteurs, comme la banque et la finance, la plupart des organisations exécutent encore une grande partie de leurs charges de travail dans des centres de données privés en raison de préoccupations concernant la sécurité de l'information, la confidentialité des données clients et les réglementations transfrontalières en matière de partage de données. Pour ces centres de données privés, la comptabilité carbone est une responsabilité interne.

Dans de nombreux secteurs, la plupart des entreprises ont déplacé au moins une partie de leurs charges de travail vers des clouds publics, auquel cas la comptabilité carbone est généralement effectuée en externe par des dispositifs d'hyperconvergence. Mais une entreprise moyenne étant aujourd'hui sur plus de 8 clouds, et passant à plus de 10 d'ici 2023, la majorité des entreprises disposeront d'actifs dans des clouds sur site, privés et publics.<sup>12</sup>

Elles devront comptabiliser le carbone sur l'ensemble de leur parc et trouver des moyens de consolider des données disparates pour créer une image opérationnelle unique.



## 2. Des critères de référence opaques

Même si elles disposent d'une comptabilité claire et précise de leur empreinte carbone, les entreprises ont besoin d'un contexte sous la forme de critères de référence, à savoir des indicateurs clés de performance (ICP) internes et externes qui leur donnent une idée de leurs performances et de leurs progrès. Il faudra pour cela clarifier ce qui constitue des indicateurs de performances et des normes appropriés en matière de mesure et de collecte de données.

L'informatique verte n'en étant qu'à ses débuts, il existe peu de normes ou d'indicateurs établis pour une analyse comparative efficace. En l'absence de telles normes, les entreprises doivent définir leurs propres indicateurs clés de performance et leurs propres moyens de mesurer les performances. Pour progresser sur la voie de l'informatique verte, l'établissement de normes et de critères de référence sera un accélérateur essentiel.

## 3. Des analyses ambiguës

Une fois que les entreprises pourront mesurer et évaluer de manière simple, abordable et précise l'empreinte carbone de leur parc informatique, elles sauront mieux où elles en sont et où elles veulent aller. Cependant, pour aller du point A au point B, elles doivent encore transformer les analyses ambiguës en actions décisives. Pour cela, elles ont besoin de solutions et d'une expertise qui les aident à interpréter les données issues de la comptabilité carbone et à déterminer les mesures à prendre, dans quels domaines et à quel moment. Pour réduire les émissions de carbone dans l'ensemble de leurs solutions, les entreprises doivent être en mesure de choisir la bonne architecture, les bons parcours de modernisation et les bons chemins de migration.



Pour progresser sur la voie de l'informatique verte, l'établissement de normes et de critères de référence sera un accélérateur essentiel.

# Aller au-delà du centre de données

Les responsables informatiques visionnaires devraient aller au-delà du centre de données et se tourner vers... les opérations et les plateformes.

Malgré les défis auxquels ils sont confrontés, les responsables informatiques peuvent prendre des mesures concrètes dès aujourd'hui pour rendre leurs entreprises plus durables tandis qu'elles s'orientent vers le cloud hybride. Le plan d'action consiste en une approche à trois volets de l'informatique verte (voir figure 2 à la page 9).

Le premier volet – le centre de données – étant responsable d'une grande partie de l'empreinte carbone de l'informatique, de nombreuses entreprises ont déjà pris des mesures pour le rendre plus durable. La question de savoir si un centre de données peut être considéré comme écologique et dans quelle mesure dépend d'une multitude de variables, notamment l'utilisation de la capacité énergétique, l'utilisation de l'espace physique, les innovations dans les déploiements de cloud computing, l'efficacité du système CVC, l'utilisation de la chaleur résiduelle, l'utilisation d'énergies renouvelables et même l'emplacement géographique.

Pour réduire leur empreinte carbone, les entreprises réalisent déjà des projets dans chacun de ces domaines dans le but de rendre les centres de données gourmands en ressources plus respectueux de l'environnement. En 2010, par exemple, IBM a construit un superordinateur refroidi à l'eau chaude pour l'École polytechnique fédérale de Zurich, en Suisse. Baptisé Aquasar, ce superordinateur était composé de serveurs spéciaux refroidis à l'eau qui consommaient 40 % d'énergie en moins que les systèmes comparables refroidis à l'air.<sup>13</sup>

L'optimisation des centres de données étant devenue un enjeu majeur pour les entreprises durables, les responsables informatiques visionnaires doivent aller au-delà du centre de données et se tourner vers les autres volets de l'informatique verte : les opérations et les plateformes, qui recèlent des opportunités sous-exploitées pour réduire considérablement les émissions et optimiser l'efficacité.



FIGURE 2

## Comment parvenir à une informatique plus propre et plus verte

Les entreprises peuvent devenir plus durables en exploitant des leviers dans trois grands domaines de l'informatique verte.

|                                                                                     | Domaine                   | Levier potentiel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Centres de données        | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimiser les performances de l'installation de refroidissement et du système CVC</li> <li>– Utiliser les systèmes de gestion du bâtiment pour automatiser la consommation des ressources</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|  | Opérations informatiques  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimiser l'utilisation des ressources</li> <li>– Programmer les charges informatiques afin de tirer parti des périodes de forte énergie renouvelable dans le réseau</li> <li>– Utiliser les économies d'échelle du cloud pour réduire l'empreinte énergétique</li> </ul>                                                                                                                                                                                            |
|  | Plateformes informatiques | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Migrer les applications vers le cloud public</li> <li>– Créer des applications en utilisant des principes de conception durable et un codage responsable</li> <li>– Procéder à la modernisation des mainframes pour optimiser le traitement des transactions avec moins de ressources</li> <li>– Exploiter une plateforme de cloud hybride comprenant des dispositifs d'hyperconvergence pour bénéficier d'une mesure et d'une remédiation plus efficaces</li> </ul> |

## Opérations informatiques : libérer l'efficacité

Pour être en bonne santé, heureux et productifs, les êtres humains doivent prendre soin non seulement de leur santé physique, mais aussi de leur santé mentale. Les départements informatiques aussi ! Pour être durables, ils doivent améliorer non seulement leurs installations physiques, mais aussi les opérations qui y sont menées.

Entre autres mesures clés pour favoriser la santé de l'entreprise, les responsables informatiques peuvent adopter le concept de centre de données défini par logiciel.

Les départements  
informatiques...  
doivent améliorer  
non seulement leurs  
installations  
physiques, mais aussi  
les opérations qui  
y sont menées.

Les centres de données définis par logiciel s'apparentent à des marchés de matières premières, et permettent aux entités telles que les applications, les machines virtuelles (VM) et les conteneurs de s'auto-organiser, en prenant des décisions concernant l'emplacement, le dimensionnement et l'approvisionnement, pour garantir que les charges de travail obtiennent les ressources dont elles ont besoin pour être performantes. Dans ce modèle, chaque entité de la chaîne d'approvisionnement est un acheteur et un vendeur, et chaque ressource – calcul, mémoire, réseau – a un prix. Plus l'utilisation des ressources augmente, plus le coût augmente.

Cette logique de marché permet aux centres de données d'acheter indépendamment leurs charges de travail de manière automatisée afin de trouver le meilleur prix global pour les ressources dont ils ont besoin. Ce faisant, ils peuvent prendre des décisions concernant les ressources locales en fonction de la demande en temps réel dans l'ensemble de leur écosystème.

Lors de la prise de décisions concernant les ressources locales, l'un des choix les plus favorables que les centres de données peuvent faire en matière d'efficacité énergétique est d'augmenter l'utilisation des serveurs. En effet, selon le Conseil de défense des ressources naturelles (NRDC), un serveur moyen n'utilise qu'entre 12 % et 18 % de ses capacités maximales alors qu'il consomme 30 à 60 % de sa puissance maximale. En outre, les serveurs « zombies » inactifs continuent de fonctionner 24 h/24, 7 j/7, en consommant de l'énergie alors qu'ils n'apportent que peu ou pas de valeur ajoutée.<sup>14</sup>

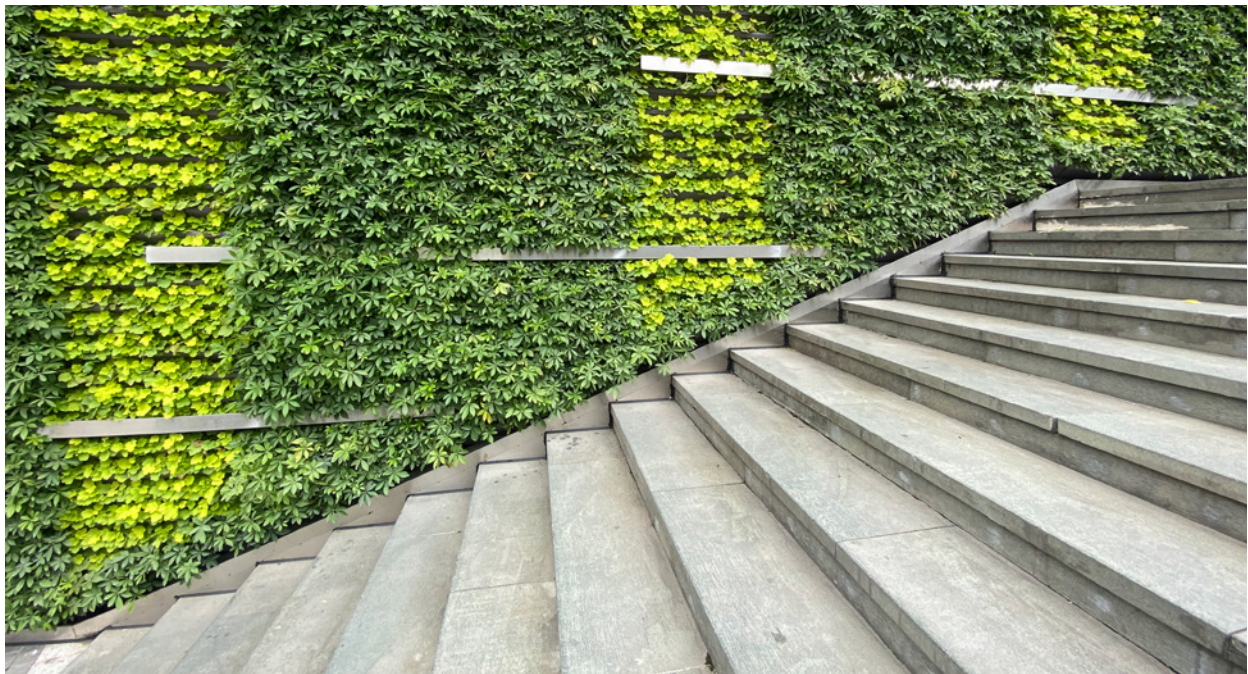
Les performances sont l'une des raisons de la faible utilisation des serveurs. Historiquement, les centres de données devaient maintenir les charges des serveurs à un faible niveau pour préserver les performances et éviter les pannes. Mais l'utilisation accrue des serveurs ne doit plus se faire au détriment des performances ou de la continuité des activités. De nouvelles approches de gestion des centres de données – par exemple, l'utilisation de systèmes de contrôle distribués pour la surveillance avancée des centres de données – permettent aux serveurs de fonctionner à des taux d'efficacité plus élevés sans risquer les pannes ou affecter les performances des applications.



Soit, ce qui peut être évité est intéressant, mais les gains potentiels le sont bien davantage : en mettant en œuvre seulement la moitié des améliorations techniquement réalisables, y compris une utilisation accrue des serveurs, les centres de données aux États-Unis pourraient réduire leur consommation d'électricité de 40 %, selon le NRDC.<sup>15</sup> L'utilisation accrue des serveurs présente de nombreux avantages tant pour l'environnement que pour l'entreprise, notamment une réduction de la consommation d'énergie, une diminution de l'empreinte carbone et une baisse des coûts d'exploitation.

Autre opportunité pour les opérations informatiques vertes : le déplacement géospatial des charges de travail en fonction de la composition du réseau électrique des centres de données. Levier essentiel pour les charges de travail par lots, cela nécessite des contrôleurs intelligents capables de gérer les charges de travail en les répartissant entre plusieurs centres de données en fonction du moment où ces derniers tirent leur énergie de sources renouvelables. Ces contrôleurs peuvent reconnaître quand le réseau électrique d'un centre de données est propre et exécuter les charges de travail dans le centre de données uniquement à ce moment-là.

En mettant en œuvre seulement  
la moitié des améliorations  
techniquement réalisables...  
les centres de données aux  
États-Unis pourraient  
réduire leur consommation  
d'électricité de 40 %.



---

## Perspective

### Banque européenne : Créer une feuille de route pour l'informatique verte

Le DSI d'une grande banque privée du Royaume-Uni aspirait depuis longtemps à adopter une technologie qui changerait la donne et aiderait l'organisation à élaborer une feuille de route vers une informatique durable et résiliente. Malheureusement, pendant de nombreuses années, la banque n'était pas en mesure de calculer les émissions de gaz à effet de serre de ses centres de données privés, et ne pouvait donc pas prendre les mesures appropriées pour réduire son empreinte carbone.

La banque a relevé ce défi en calculant l'empreinte carbone de ses nombreux centres de données privés et en développant une feuille de route pour optimiser l'utilisation de ses ressources informatiques. Parallèlement, elle s'est lancée dans la migration et la modernisation en vue de réduire ses émissions de carbone et ses coûts d'exploitation.

Elle a commencé par un petit ensemble de données qui a servi de preuve de concept. Les résultats obtenus à ce jour sont très encourageants et ont suscité de vives discussions sur l'architecture lors de l'élaboration d'une feuille de route pour la solution. La preuve de concept a révélé l'existence d'importantes ressources informatiques et de serveurs sous-utilisés, qui représentent tous deux d'énormes possibilités d'optimisation par des moyens tant tactiques que stratégiques. Par conséquent, la banque souhaite maintenant étendre la solution à plusieurs centres de données et à l'ensemble de son parc informatique, en utilisant des infrastructures et des plateformes diversifiées dans plusieurs domaines d'activité. Elle pense que cela l'aidera à retirer de plus gros avantages pour la mesure et l'optimisation de l'empreinte carbone, tout en réduisant ses coûts d'exploitation globaux.

Selon un projet récent, les machines virtuelles dotées de plus de cœurs en mode veille consommaient une quantité considérable d'énergie, alors que très peu d'énergie était consommée sous forme de puissance dynamique pour assurer les fonctions métier et la charge de travail connexe. En identifiant ces points chauds et en redimensionnant ses machines virtuelles, la banque a pu créer un critère de preuve pour réduire les émissions de carbone dans l'ensemble de son parc informatique, réduire les coûts d'exploitation en utilisant moins de ressources de calcul et réduire ses dépenses énergétiques au niveau du centre de données.



## Plateformes : durables dès le départ

L'informatique verte commence avec les installations et se poursuit avec les opérations, mais elle culmine avec les plateformes.

En effet, il existe de nombreux leviers d'optimisation des applications et de l'infrastructure au niveau de la plateforme qui permettent de réduire la consommation de ressources de calcul, de stockage et de réseau. Citons entre autres la migration et la modernisation des applications, la modernisation de z/OS, la modernisation des données, la consolidation des serveurs et les configurations natives du cloud.

Pour exploiter ces leviers de sorte à favoriser la durabilité, il faut adopter des approches à la fois tactiques et transformationnelles.

Une mesure tactique efficace consiste à réduire les ressources inutilisées du cloud, qui engendrent un gaspillage économique et environnemental sous la forme de coûts inutiles et d'émissions de carbone. Parmi les types courants de ressources inutilisées, citons :

- les ressources de cloud actives inutilisées – par exemple, maintenir ouverte une session de machine virtuelle lorsqu'une charge de travail est terminée, plutôt que de la fermer ;
- les ressources surdimensionnées – par exemple, utiliser plus de VM ou des VM plus grandes qu'il n'est nécessaire pour une charge de travail donnée ; et
- les architectures ou flux de travail non optimaux – par exemple, utiliser des applications hébergées qui ont été migrées vers le cloud mais qui n'ont pas été optimisées pour cela, ou utiliser une infrastructure de stockage et de calcul qui devrait être séparée pour le traitement des données et les charges de travail analytiques, mais qui ne l'est pas.

La gestion des ressources VM inutilisées et surprovisionnées peut avoir un impact significatif pour les entreprises qui souhaitent réduire à la fois leurs coûts et leur empreinte carbone.

Les stratégies transformationnelles peuvent compléter les initiatives tactiques. Par exemple, l'application de la « pensée écologique » à l'architecture et à la conception informatiques peut être particulièrement fructueuse. Plus précisément, la pensée écologique encourage les architectes informatiques à élaborer des solutions qui intègrent le développement durable dès le départ. Une architecture non optimale entraîne une utilisation inefficace des ressources du cloud. Bien sûr, des problèmes d'architecture peuvent toujours survenir avec des applications conçues sur mesure pour le cloud, mais ces problèmes sont plus courants avec des applications qui ne le sont pas – par exemple, des applications monolithiques hébergées qui ont été migrées vers le cloud public sans optimisation ou avec une optimisation très limitée.

Lorsque l'architecture passe au codage, une autre opportunité se présente : le codage vert, ou codage responsable, qui permet aux applications de fonctionner plus efficacement en y intégrant des pratiques de codage qui optimisent la vitesse et la stabilité. Le codage vert repose sur l'efficacité du code et consiste à écrire des algorithmes et des logiciels qui empruntent la voie de la moindre résistance. Avec des algorithmes efficaces et une exécution rapide, les logiciels peuvent offrir plus d'avantages avec moins de risques, tout en consommant moins de ressources.

En outre, l'utilisation du langage de programmation Rust pourrait réduire la consommation d'énergie d'une application jusqu'à 50 %.<sup>16</sup> De même, les fonctions écrites en langage C sont 75 fois plus efficaces sur le plan énergétique que les fonctions écrites en Python.<sup>17</sup> Et le fait de privilégier l'initialisation des chaînes de caractères pourrait réduire la consommation d'énergie de près de 92 %.<sup>18</sup>

# Tenir les promesses de l'informatique verte grâce au cloud hybride

Grâce au cloud hybride, les entreprises peuvent bénéficier de la visibilité, de l'intégration et des capacités dont elles ont besoin pour obtenir des résultats durables.

Il y a dix ans, le développement durable était, pour l'essentiel, une préoccupation secondaire par rapport au cœur de métier, quelque chose que les dirigeants auraient pu adopter si c'était facile, pratique ou complémentaire à leur marque. Aujourd'hui, le développement durable est un impératif commercial, que les dirigeants d'entreprises de toutes tailles et de tous types doivent adopter pour satisfaire les conseils d'administration, les investisseurs, les employés, les consommateurs et les gouvernements.

Les responsables informatiques visionnaires en prennent note et s'engagent sérieusement dans la voie du développement durable. Dans de nombreux cas, cependant, un aspect fait cruellement défaut : la technologie numérique. Les entreprises qui souhaitent réduire leur empreinte carbone – et devenir en définitive neutres en carbone – ne peuvent plus se permettre de limiter leurs stratégies de développement durable aux installations, à l'administration et aux opérations. Parallèlement à leur transformation digitale, elles doivent élargir la portée de leurs objectifs de développement durable pour y inclure l'informatique.<sup>19</sup>

En effet, pour les dirigeants qui ont déjà mis en place des bureaux à faible consommation d'énergie, des parcs automobiles neutres en carbone, des réunions sans papier et des chaînes d'approvisionnement durables, la prochaine étape consiste à encourager l'informatique verte, dont les caractéristiques sont des centres de données respectueux des ressources, une infrastructure informatique écologique et un code logiciel efficace.

Si l'informatique verte est la destination, le cloud hybride est le mode de transport. Grâce au cloud hybride, les entreprises peuvent bénéficier de la visibilité, de l'intégration et des capacités dont elles ont besoin pour obtenir des résultats durables. Pas seulement au sein d'un seul cloud ou d'un seul centre de données, mais dans l'ensemble du parc informatique dans le cloud – et donc dans l'ensemble de l'entreprise (voir la figure 3 à la page 15).

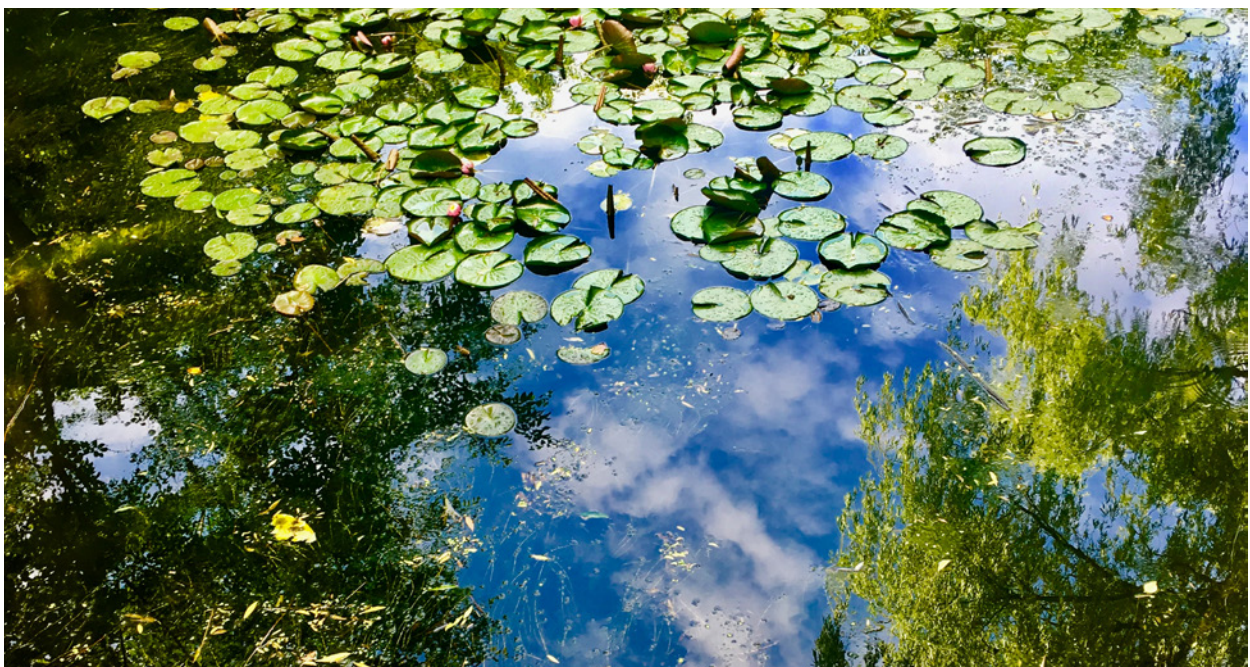


FIGURE 3

### Le cloud hybride est un meilleur choix pour l'informatique verte

Le cloud hybride peut être plus durable que les installations sur site et dans le cloud.



Avec des algorithmes efficaces et une exécution rapide, les logiciels peuvent offrir plus d'avantages avec moins de risques, tout en consommant moins de ressources.

# Guide d'action

*Pour les entreprises qui sont attachées au développement durable, l'informatique responsable et l'informatique verte sont non seulement essentielles, mais aussi extrêmement viables. Les responsables informatiques peuvent en faire une réalité en menant des activités respectueuses de l'environnement qui couvrent la stratégie, les opérations et les plateformes informatiques.*

## 01

### Écologiser votre stratégie informatique

**Intégrez les objectifs de développement durable dans votre stratégie et vos opérations informatiques.**

Le développement durable ne doit pas être un silo fonctionnel à part. Au contraire, intégrez-le dans les opérations quotidiennes de votre écosystème informatique, en englobant votre approche de la technologie, la façon dont vous concevez vos processus et la façon dont vous habilitiez vos employés.

**Renforcez la visibilité sur l'impact environnemental de votre informatique.**

Créez ou louez des capacités de comptabilité carbone. Connaître l'ampleur de votre empreinte carbone vous aidera à adopter une approche globale pour la réduire.

**Exploitez le cloud hybride au profit du développement durable.**

Exploitez les capacités de la plateforme de cloud hybride pour intégrer, gérer et optimiser la durabilité dans l'ensemble de votre parc informatique du cloud. Utilisez le cloud hybride pour réduire les émissions de carbone sans nuire à la continuité des activités et aux performances applicatives.

## 02

### Écologiser vos opérations informatiques

**Optimisez l'utilisation et consolidez les capacités des ressources existantes.**

Près de la moitié de la charge de travail informatique mondiale (44 %) est une charge de travail non liée à la production. Elle coûte collectivement 14,5 milliards de dollars par an aux entreprises.<sup>20</sup> L'optimisation des charges de travail non liées à la production permet de réduire les coûts d'exploitation et les émissions mondiales de carbone des centres de données.

**Remplacez votre matériel.**

Le renouvellement continu du matériel avec les puces les plus récentes et les dernières technologies vous permettra d'exécuter davantage de charges de travail avec des ressources de calcul similaires, ce qui réduira votre consommation d'énergie globale.

**Contrôlez dynamiquement l'état des serveurs.**

Utilisez des outils d'opérations financières (FinOps) ou des agents basés sur l'IA pour identifier les machines virtuelles superflues et les serveurs « zombies » inactifs. Déployez un algorithme HUA (host-utilization-aware) pour détecter les hôtes sous-chargés et placer leurs machines virtuelles sur d'autres hôtes dans un environnement cloud dynamique. Réduisez davantage la consommation d'énergie en dimensionnant dynamiquement les machines virtuelles ou les services en fonction du trafic réseau.

**Optimisez le planning de vos charges de travail**

Déterminez où vos centres de données sont connectés à des réseaux qui utilisent des sources d'énergies renouvelables et à quelles heures ces réseaux tirent leur énergie de ces sources. Utilisez un système à base de règles et basé sur l'IA pour programmer les charges de travail afin qu'elles s'exécutent dans les centres de données appropriés et aux moments opportuns pour réduire les émissions de carbone.

# Guide d'action

## 03

### Écologiser vos plateformes informatiques

#### **Utilisez la restructuration pour migrer les applications vers le cloud public.**

Migrer des charges de travail vers le cloud public sans les optimiser au préalable peut non seulement engendrer des coûts d'exploitation accrus, mais aussi avoir un impact négatif sur la durabilité. Au lieu de cela, rendez les charges de travail davantage natives du cloud en restructurant les applications en fonction de leur cycle de vie, de leur fréquence de mise à jour et de leur criticité métier.

#### **Optimisez les capacités VM et autres ressources inutilisées du cloud.**

Facilitez l'observabilité au niveau de l'infrastructure pour identifier les machines virtuelles inutilisées dans votre parc informatique, puis mettez en œuvre une automatisation basée sur des règles pour prendre des mesures correctives, notamment la suppression des machines virtuelles inutilisées et des ressources associées qui ne remplissent plus de fonctions métier. De même, optimisez la taille des machines virtuelles en vérifiant régulièrement les recommandations de dimensionnement afin de réduire le gaspillage dû au surdimensionnement. Enfin, envisagez de programmer les instances de VM pour qu'elles démarrent et s'arrêtent automatiquement si elles sont seulement nécessaires à certains moments.

#### **Créez des ressources en fonction des besoins.**

Bien que les ressources du cloud soient élastiques, les avantages en termes d'efficacité sont limités si vous déployez des charges de travail sur des ressources fixes qui fonctionnent en permanence, indépendamment de l'utilisation réelle. Identifiez les opportunités de provisionnement ou de suppression des ressources en fonction des besoins, par exemple en utilisant la planification des machines virtuelles ou les fonctions élastiques au sein des services cloud.

#### **Conteneurisez les charges de travail.**

L'exécution de charges de travail dans une plateforme de conteneur plutôt que dans un environnement de machine virtuelle classique peut permettre de réduire les coûts annuels d'infrastructure de 75 %, en partie grâce à une efficacité énergétique accrue.<sup>21</sup> L'utilisation d'une plateforme de conteneur permet de planifier efficacement les conteneurs sur un cluster de VM en fonction de leurs besoins en ressources. Si les besoins en ressources le permettent, plusieurs conteneurs peuvent également partager les ressources d'une seule machine virtuelle.

#### **Modernisez vos applications monolithiques grâce à une architecture basée sur des microservices.**

Choisissez des microservices réactifs pour une invocation orientée événements et actions qui permettra d'optimiser l'utilisation des ressources ; des microservices orientés événements pour une invocation asynchrone ; ou des microservices sans serveur en cas d'exécution axée sur les besoins d'une fonction unique qui peut être mise en œuvre sous forme de microservices.



# Guide d'action

## **Localisez les ressources informatiques à proximité du client pour réduire la latence du réseau et accélérer les temps de réponse.**

Utilisez un réseau de diffusion de contenu pour garantir une faible latence à l'échelle mondiale, et la mise en cache pour que les visiteurs n'aient pas à aller chercher du contenu frais à l'autre bout du monde chaque fois qu'ils consultent votre site Web. Introduisez l'edge computing pour utiliser efficacement les ressources du cloud public sans déplacer les données, et tirez parti du FaaS (function-as-a-service), ou des services gérés orientés événements fournis par différents dispositifs d'hyperconvergence, pour réduire la consommation d'énergie et les coûts d'exploitation.

## **Adoptez des méthodes de codage responsable.**

Faites la part belle à l'« efficacité du code » pour améliorer la fiabilité, la vitesse et les performances de vos applications. Par exemple, supprimez le code inutile ou le code qui sert à des traitements redondants, et utilisez, dans la mesure du possible, des composants réutilisables. De même, utilisez une mémoire optimale et un stockage non volatile, et essayez de garantir la meilleure vitesse ou le meilleur temps d'exécution pour exécuter les algorithmes.

## **Optimisez le traitement des transactions en utilisant moins de ressources.**

Pour accélérer le traitement des données, il est courant d'étendre les UC (unités centrales) ou d'optimiser la taille de la SGA (System Global Area). Cependant, cela peut parfois avoir un effet négatif en augmentant le temps de cycle de l'UC. Au contraire, il est préférable d'utiliser le moins de ressources possible et de les augmenter uniquement en cas de besoin.

## À propos des Avis de spécialistes

Les Avis de spécialistes présentent les opinions des leaders d'opinion sur des affaires dignes d'intérêt et des sujets de technologie connexes. Ils sont basés sur des conversations avec des experts en la matière de premier plan du monde entier. Pour en savoir plus, contactez l'IBM Institute for Business Value par e-mail à l'adresse suivante : [iibv@us.ibm.com](mailto:iibv@us.ibm.com).

## IBM Institute for Business Value

Depuis deux décennies, l'IBM Institute for Business Value remplit la fonction de groupe de réflexion sur le leadership éclairé pour IBM. Produire des renseignements stratégiques fondés sur la recherche et la technologie qui aident les dirigeants à prendre des décisions commerciales plus éclairées est ce qui nous motive.

Chaque année, grâce à notre positionnement unique au carrefour des affaires, de la technologie et de la société, nous sommes en mesure d'interroger des milliers de dirigeants, de consommateurs et d'experts, et d'interagir avec eux. Nous pouvons ainsi synthétiser leurs points de vue pour produire des informations crédibles, inspirantes et exploitables.

Inscrivez-vous sur [ibm.com/fr-fr/ibv](https://ibm.com/fr-fr/ibv) pour recevoir le bulletin d'information par e-mail de l'IBV et rester connecté et informé. Vous pouvez également nous suivre sur Twitter (@IBMIBV) ou nous retrouver sur LinkedIn (<https://ibm.co/ibv-linkedin>).

## Le bon partenaire pour un monde en mutation

Chez IBM, nous collaborons avec nos clients, en rassemblant des analyses commerciales, des recherches avancées et des technologies, afin de leur donner un avantage significatif dans l'environnement en mutation rapide d'aujourd'hui.

## Rapports associés

« Own your impact. »

IBM Institute for Business Value. Mai 2022.

<https://ibm.co/c-suite-study-ceo>

« Sustainability as a transformation catalyst. »

IBM Institute for Business Value. Janvier 2022.

<https://ibm.co/sustainability-transformation>

« Mastering hybrid cloud. »

IBM Institute for Business Value. Mai 2022.

<https://ibm.co/mastering-hybrid-cloud>

## Notes et sources

- 1 « The Global Data Center Market Size to Reach \$288.30 Billion by 2027. » Arizton. Février 2022. <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/02/23/2390642/0/en/The-Global-Data-Center-Market-Size-to-Reach-288-30-Billion-by-2027-Arizton.html>
- 2 Shane Miller et Carl Lerche. « Sustainability with Rust. » Blog AWS Open Source. Février 2022. <https://aws.amazon.com/blogs/opensource/sustainability-with-rust>
- 3 « Virtual machines versus containers. » IBM. Février 2021. <https://www.ibm.com/fr-fr/downloads/cas/POANK8YE>
- 4 Wayne Balta, Manish Chawla, Jacob Dencik et Spencer Lin. « Sustainability as a transformation catalyst. » IBM Institute for Business Value. Janvier 2022. <https://www.ibm.com/fr-fr/thought-leadership/institute-business-value/report/sustainability-transformation> ; « Find your essential. » IBM Institute for Business Value. Février 2021. <https://www.ibm.com/fr-fr/thought-leadership/institute-business-value/c-suite-study/ceo>
- 5 « The CIO Revolution. » IBM Institute for Business Value. Novembre 2021. <https://www.ibm.com/fr-fr/thought-leadership/institute-business-value/c-suite-study/cio>
- 6 Isabelle Bousquette. « Sustainability Efforts Run Through Information Technology. » The Wall Street Journal. 5 janvier 2022. <https://www.wsj.com/articles/sustainability-efforts-run-through-information-technology-11641384001>
- 7 Jean-Stéphane Payraudeau, Anthony Marshall et Jacob Dencik. « Unlock the business value of hybrid cloud: How the Virtual Enterprise drives revenue growth and innovation. » IBM Institute for Business Value. Juillet 2021. <https://www.ibm.com/fr-fr/thought-leadership/institute-business-value/report/hybrid-cloud-business-value>
- 8 Wayne Balta, Manish Chawla, Jacob Dencik et Spencer Lin. « Sustainability as a transformation catalyst. » IBM Institute for Business Value. Janvier 2022. <https://www.ibm.com/fr-fr/thought-leadership/institute-business-value/report/sustainability-transformation>
- 9 George Kamiya. « Data Centres and Data Transmission Networks. » Agence internationale de l'énergie (AIE). Novembre 2021. <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>
- 10 « The Global Data Center Market Size to Reach \$288.30 Billion by 2027. » Arizton. Février 2022. <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/02/23/2390642/0/en/The-Global-Data-Center-Market-Size-to-Reach-288-30-Billion-by-2027-Arizton.html>
- 11 George Kamiya. « Data Centres and Data Transmission Networks. » Agence internationale de l'énergie (AIE). Novembre 2021. <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>
- 12 Jim Comfort, Blaine Dolph, Steve Robinson, Lynn Kesterson-Townes et Anthony Marshall. « The hybrid cloud platform advantage. » IBM Institute for Business Value. Juin 2020. <https://www.ibm.com/fr-fr/thought-leadership/institute-business-value/report/hybrid-cloud-platform>
- 13 Bruno Michel. « Energy efficiency and green technology. » IBM. Consulté le 20 avril 2022. [https://www.zurich.ibm.com/fr-fr/st/energy\\_efficiency/zeroemission.html](https://www.zurich.ibm.com/fr-fr/st/energy_efficiency/zeroemission.html)

- 14 Josh Whitney et Pierre Delforge. « Data Center Efficiency Assessment. » Conseil de défense des ressources naturelles. Août 2014. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/data-center-efficiency-assessment-IP.pdf>
- 15 Ibid.
- 16 Shane Miller et Carl Lerche. « Sustainability with Rust. » Blog AWS Open Source. Février 2022. <https://aws.amazon.com/blogs/opensource/sustainability-with-rust>
- 17 Rui Pereira, Marco Couto, Francisco Ribeiro, et al. « Energy Efficiency across Programming Languages. » Actes de la conférence SLE'17, 23-24 octobre 2017. <https://greenlab.di.uminho.pt/wp-content/uploads/2017/09/paperSLE.pdf>
- 18 Jérôme Rocheteau, Virginie Gaillard et Lamya Belhaj. « How Green Are Java Best Coding Practices? » Actes de la 3e conférence internationale sur les réseaux intelligents et les systèmes informatiques verts. 2014. [https://www.researchgate.net/publication/276411279\\_How\\_Green\\_Are\\_Java\\_Best\\_Coding\\_Practices](https://www.researchgate.net/publication/276411279_How_Green_Are_Java_Best_Coding_Practices)
- 19 Wayne Balta, Manish Chawla, Jacob Dencik et Spencer Lin. « Sustainability as a transformation catalyst. » IBM Institute for Business Value. Janvier 2022. <https://www.ibm.com/fr-fr/thought-leadership/institute-business-value/report/sustainability-transformation>
- 20 Jay Chapel. « Cloud Waste To Hit Over \$14 Billion in 2019. » DevOps.com. Février 2019. <https://devops.com/cloud-waste-to-hit-over-14-billion-in-2019>
- 21 « Virtual machines versus containers. » IBM. Février 2021. <https://www.ibm.com/fr-fr/downloads/cas/POANK8YE>

© Copyright IBM Corporation 2022

Compagnie IBM France  
17 avenue de l'Europe  
92275 Bois-Colombes Cedex

Produit aux États-Unis d'Amérique | Mai 2022

IBM, le logo IBM, ibm.com et Watson sont des marques commerciales d'International Business Machines Corp., déposées dans de nombreux pays. Les autres noms de produits et de services peuvent être des marques d'IBM ou d'autres sociétés. Une liste à jour des marques de commerce d'IBM est disponible sur le Web sous « Copyright and trademark information », à l'adresse : [ibm.com/legal/copytrade.shtml](http://ibm.com/legal/copytrade.shtml).

L'information contenue dans ce document était à jour à la date de sa publication initiale et peut être modifiée sans préavis par IBM. Les offres mentionnées dans le présent document ne sont pas toutes disponibles dans tous les pays où la société IBM est présente.

LES INFORMATIONS CONTENUES DANS LE PRÉSENT DOCUMENT SONT FOURNIES « EN L'ÉTAT », SANS AUCUNE GARANTIE EXPLICITE OU IMPLICITE. IBM DÉCLINE NOTAMMENT TOUTE RESPONSABILITÉ RELATIVE À CES INFORMATIONS EN CAS DE CONTREFAÇON AINSI QU'EN CAS DE DÉFAUT D'APTITUDE À L'EXÉCUTION D'UN TRAVAIL DONNÉ. Les produits IBM sont garantis conformément aux dispositions des contrats qui régissent leur utilisation.

Ce rapport est uniquement destiné à fournir des conseils d'ordre général. Il n'est pas destiné à se substituer à une étude détaillée ou à l'avis d'un professionnel. IBM ne sera en aucun cas responsable de tout dommage résultant de l'utilisation de ce document.

Les données utilisées dans le présent rapport peuvent provenir de sources tierces et IBM ne procède à aucun(e) vérification, validation ou audit indépendant(e) de ces données. Les résultats de l'utilisation de ces données sont fournis « en l'état », sans aucune garantie explicite ou implicite.

Ce document est imprimé sur du papier recyclé exempt de chlore à l'aide d'une imprimante assortie d'un certificat de traçabilité du Forest Stewardship Council (FSC) et d'encre biologiques. L'énergie utilisée pour fabriquer ce papier et l'imprimer a été produite à partir de sources renouvelables. Veuillez recycler.





**IBM**