

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET OBJETS CONNECTÉS : OUTILS DE VALORISATION DURABLE D'UN ACTIF IMMOBILIER



par **Gilles Nozière** Dirigeant et Fondateur, Oze-Énergies¹

Comment créer de la valeur sans travaux, grâce à une solution disruptive de mesure et de gestion de l'efficacité énergétique et d'amélioration du confort des occupants d'immeubles tertiaires ou résidentiels collectifs ?

Il y a plusieurs années de cela, un ami gestionnaire du portefeuille immobilier d'un important investisseur institutionnel me confiait : « L'efficacité énergétique, c'est un beau concept, mais franchement, nous ne sommes pas totalement emballés : les travaux sont longs et coûteux, leur résultat est, sinon aléatoire, du moins difficilement mesurable – même sur des bâtiments flambants neufs – et, au final, les occupants concernés sont plus importunés par les travaux que satisfaits des avantages qui en découlent. Encore faut-il qu'ils les perçoivent, ce qui n'est pas toujours le cas ! »

Les réflexions de ce professionnel ont eu le mérite de nous faire réfléchir. Sensibles à contribuer à préserver les ressources énergétiques et laisser une planète plus propre à nos enfants, nous avons travaillé à formuler une solution disruptive sur le marché très concurrentiel de l'efficacité énergétique et « confortale[®] »² des bâtiments. Le développement de cette solution d'intelligence artificielle devait répondre à ces critiques, réelles ou perçues : coûts élevés, délais des travaux, mesures difficilement traduites en actions concrètes... Notre solution a fait appel à l'exploitation de modèles physiques, croisés avec du Big Data. Elle repose aussi sur des objets connectés : des capteurs installés sur les différents points d'une installation et des locaux d'un bâtiment, offrant une optimisation fiable de la consommation énergétique et du confort

d'un immeuble, ancien ou neuf. C'est une solution accessible, adaptable et pérenne.

MODÈLES BIG DATA ET MODÈLES PHYSIQUES

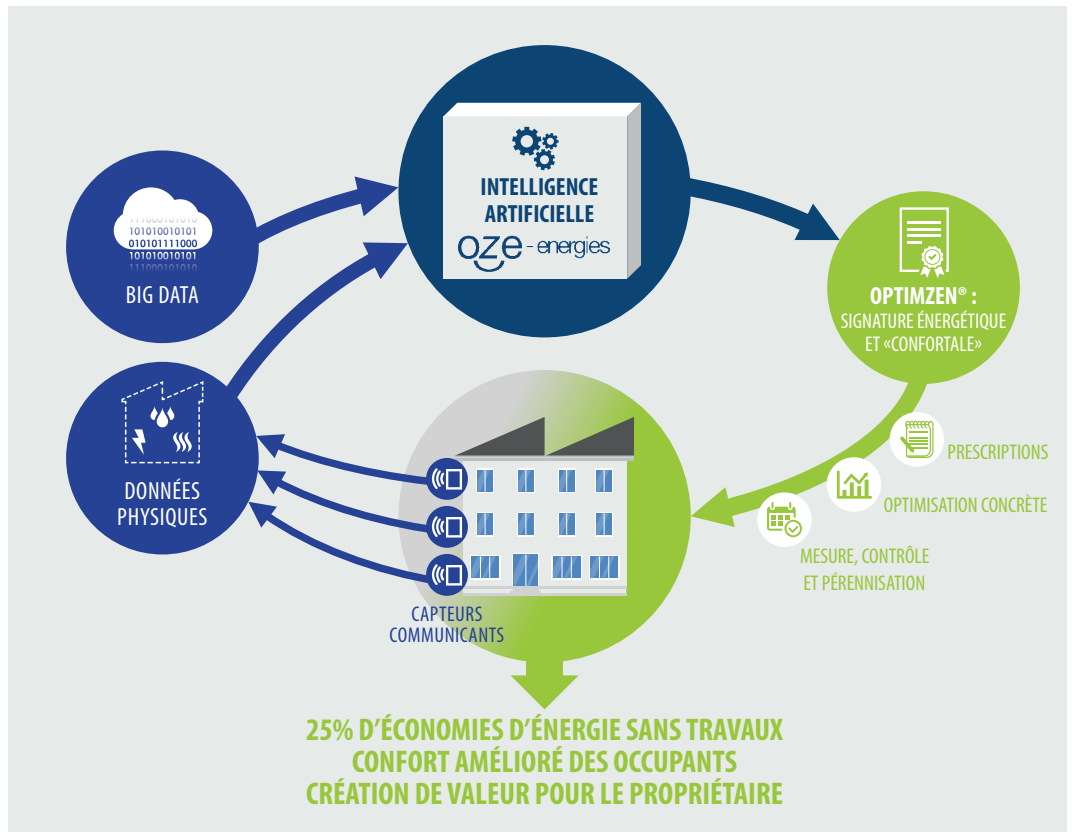
Les modèles prédictifs statistiques Big Data et les modèles physiques ont chacun leurs atouts, mais également leurs limites lorsqu'il s'agit de prévoir le comportement et d'améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment en situation d'utilisation réelle. L'intelligence artificielle (IA) déployée dans notre solution dépasse les deux approches, physique et statistique, grâce à l'emploi d'objets connectés qui permettent de fiabiliser les résultats relevés, d'aboutir à une grande précision de prédiction et surtout d'évaluer l'impact des différentes actions de progrès possibles sur le bâtiment puis de les contrôler.

Le modèle Big Data permet d'établir des relations purement statistiques entre les données énergétiques et de confort, recueillies par des objets connectés, en l'occurrence des capteurs. Le modèle statistique (ou Big Data) permet de faire des prévisions au fil de l'eau. Mais sans rien changer au bâtiment lui-même. Donc, il ne permet pas de prévoir l'effet des actions d'améliorations envisagées pour

1. Start-up française fondée il y a dix ans, Oze-Énergies est devenue leader dans son domaine : l'efficacité énergétique et le confort sans travaux pour les bâtiments. Développée en partenariat avec des grandes écoles et des universités, sa solution repose sur l'utilisation conjointe d'objets connectés et d'intelligence artificielle (IA). Elle a rapidement fait ses preuves : actuellement déployée sur 2 millions de mètres carrés, elle génère en moyenne 25 % d'économies à confort amélioré, sans travaux et dans un temps de retour court de six mois. Elle se déploie maintenant à l'échelle européenne.

2. La mesure « confortale[®] » d'un bâtiment est basée sur des critères objectifs (normes et mesures) et subjectives, comme la perception ressentie par les occupants d'un immeuble.





Le modèle d'intelligence artificielle employé repose sur des objets connectés, des capteurs, le traitement et la conciliation de données physiques et statistiques (Big Data).

réduire la consommation énergétique et améliorer le confort. Car il est impossible de les entrer et les décrire dans ces modèles, dont les paramètres sont purement numériques, sans correspondance physique.

Écart de 1 à 5. Un modèle prédictif purement physique possède aussi ses limites, surtout lorsqu'il est appliqué à des bâtiments occupés, dont les caractéristiques et les réglages détaillés sont complexes, souvent mal renseignés et difficilement quantifiables. Une illustration assez éloquent se trouve dans la différence relevée pour la performance énergétique d'un bâtiment en projet (sur

lequel on possède pourtant une grande quantité d'informations) entre une consommation annoncée et celle effectivement réalisée une fois l'immeuble construit : un écart de 1 à 5 sera souvent constaté, soit typiquement 250 kWh/m² par an au lieu des 50 kWh/m² par an prévus initialement, calculs physiques à l'appui.

Pourquoi ? La raison principale est qu'un bâtiment présente une complexité supérieure à ce que l'on pourrait imaginer au premier abord. L'information disponible est à la fois incomplète et fluctuante. Les paramètres de calcul du modèle sont très nombreux et, pour la plupart, significatifs : isolation des bâtiments et conditions climatiques extérieures, bien sûr, mais aussi taux d'occupation réelle d'un lieu. Les données de fonctionnement, les consignes de confort sont purement conventionnelles ou même réglementaires dans la plupart des cas. Elles diffèrent sensiblement de la réalité mesurée et de sa perception par les occupants du bâtiment.

Facteur humain. Le comportement des occupants n'est généralement pas pris en compte par ces calculs : s'il n'est pas encadré et suivi par les mainteneurs, par



L'installation de capteurs communicants dans un bâtiment permet de réaliser des mesures fiables et pérennes pour réaliser des économies d'énergie et améliorer le confort des occupants.

1 - L'importance du Data Quality Management

Un des principaux écueils d'une exploitation d'IA pérenne repose dans la fiabilité et l'intégrité des données dans le temps. Le sujet est essentiel car il est lié à l'explosion de la quantité de données dans un bâtiment, découlant notamment de l'obligation des comptages par lots et par usage (éclairage, chauffage, climatisation, pompes, etc.). La qualité des données a tendance à dériver par nature (changement de compteurs, pannes, étalonnage, etc.). Or nos modèles sont un moyen déterminant d'analyse en continu de la qualité des données. À moins de passer un temps infini à contrôler en permanence physiquement les installations, à un coût prohibitif et irréaliste, nous proposons d'utiliser nos modèles comme un outil de validation continue de la métrologie et de diagnostic des dérives.

Les données provenant des mesures, encryptées et sauvegardées, restent la propriété exclusive du commanditaire de la solution. ■

exemple, cela conduit à des dérives. En l'occurrence, les surprises sont parfois spectaculaires, comme lors d'une récente mission assurée dans un grand lycée de la région parisienne. Le taux d'occupation réel de l'établissement sur une année est de 17 % (incluant les horaires quotidiens, les fins de semaine et les vacances scolaires et administratives).

Mais, fait surprenant, sa consommation d'énergie était aussi importante en période d'occupation que lorsque les locaux étaient vides ! En fait, la principale limite du modèle prédictif physique est... le facteur humain. Dans ce dernier, on inclut typiquement le dérèglement (ou l'absence de réglage, tout court) d'une installation : au cours d'une période de grand froid ou de grande chaleur, l'installation sera sollicitée à un niveau supérieur ; une fois le redoux arrivé, le réajustement de sa conduite sera retardé ou oublié.

Grâce à nos capteurs connectés et leurs séries de mesures et donc aux données collectées, nous sommes capables de compléter les nombreuses informations manquantes, comme l'inertie thermique d'un bâti ou celle de son mobilier, ainsi que les consignes de réglages (température et programmation dans le temps). Nous relevons les anomalies de réglage du chauffage et de la climatisation et nous mesurons l'occupation réelle d'un bâtiment en observant notamment son taux de CO₂, indicateur d'une présence humaine.

Ces données relevées et analysées sont exploitables et fiables dans le temps, grâce à l'emploi d'objets connectés et un *monitoring* constant : elles servent de base à des actions concrètes, qui assurent une

optimisation durable de la consommation et du confort d'un bâtiment.

Méthodologie. Quelques explications pratiques s'imposent. Concrètement, la mise en place d'une telle solution se fait en plusieurs étapes, dans un délai d'environ trois mois, dans n'importe quel bâtiment. Les principales étapes en sont :

- ▶ La récupération d'informations fiables sur le bâtiment, démultipliée par des capteurs connectés, incluant ses équipements et leurs réglages, les consommations en énergies et leur utilisation.
- ▶ Le calcul de la « signature énergétique et confortale du bâtiment[®] » occupé, à coûts d'exploitation et confort optimisés[®] (soit l'OPTIMZEN[®]) du bâtiment : une modélisation physique qui repose sur l'IA et le Big Data. Elle est mesurée en kWh, en euros et en indice de satisfaction à partir de méthodes intégrant une approche ergonomique et évaluant le confort réel et ressenti.
- ▶ L'accompagnement des propriétaires/gestionnaires /occupants de bâtiments auprès des mainteneurs d'installations et fournisseurs d'énergies pour atteindre la signature optimisée du bâtiment sur le plan énergétique et « confortal[®] », assurant ainsi un confort et une efficacité énergétique optimaux.
- ▶ Enfin, le suivi et le contrôle partagé des préconisations et des résultats, sécurisés grâce aux capteurs connectés, en mesurant les résultats obtenus, pour les pérenniser à travers des contrats optimisés et objectifs avec les mainteneurs d'une part et d'autre part les fournisseurs d'énergie sur les parties fixes des abonnements (voir encadré 1).

CONFORT ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

L'observation des conditions d'utilisation réelle d'un bâtiment va au-delà du volet de la simple maîtrise de sa consommation d'énergie. Elle inclut l'amélioration active du confort des occupants, qui peut être parfaitement compatible avec une réduction de consommation énergétique : une pratique constante nous montre que les bâtiments les plus énergivores sont aussi les plus inconfortables.

- ▶ Cette mission d'amélioration de l'expérience d'occupation d'un immeuble répond à une demande de plus en plus forte, liée notamment aux exigences de bien-être et de productivité au travail, qui relèvent de la responsabilité sociétale des entreprises envers leurs salariés.
- ▶ Elle tord également le cou au mythe du « retour à l'utilisation de chandelles » pour économiser de l'énergie, surtout s'agissant d'un bâtiment tertiaire inoccupé (en moyenne) les deux tiers du temps.

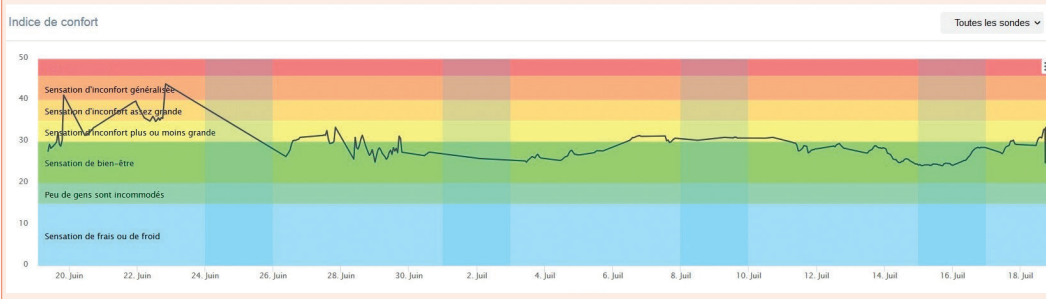


2 - Mesurer le confort d'un bâtiment

Pour améliorer le confort d'un bâtiment, il faut d'abord le connaître, et donc le mesurer, puis suivre son évolution. En tenant compte de normes parfois contradictoires, nous employons plusieurs méthodes, dont certaines développées en propre.

1. La norme EN 7730 sur l'ergonomie des ambiances thermiques (température de l'air, de rayonnement de l'humidité et de la vitesse de l'air) qui permet d'évaluer le niveau de confort. L'indice HUMIDEX, qui traduit le ressenti des occupants en fonction de la température et de l'humidité relative.
2. Le niveau de bruit acceptable (préconisé par la norme NF X35) est un thème majeur et croissant de confort.
3. La norme d'éclairage (EN 12464) qui fixe le niveau d'éclairement 300 à 500 lux, l'indice de rendu des couleurs (80) et le taux d'éblouissement.
4. La qualité de l'air basée sur le taux de CO₂, COV et filtration des poussières à partir de plusieurs normes retenues.
5. La mesure de la satisfaction des occupants grâce à notre solution, qui assure l'enregistrement, l'analyse et la mesure du nombre de « plaintes » et de leur évolution, permettant ainsi d'établir l'indice de satisfaction du confort d'un bâtiment fondé sur la perception de ses occupants.

Les actions d'économies d'énergie et celles d'amélioration du confort sont très souvent liées. À titre d'exemple, lorsque l'on améliore le confort d'un bâtiment en occupation, on va ajuster son niveau d'exigence lorsqu'il est inoccupé, l'opération se traduisant aussi par une économie énergétique globale. Les deux démarches – confort accru et maîtrise de l'énergie – sont parfaitement compatibles et même indissociables. ■



L'intermittence du chauffage, de la climatisation et de la ventilation en est un bon exemple. Sa pratique mal maîtrisée induit souvent un inconfort qui limite son application, alors que des procédures d'optimisation pallieraient ce défaut. L'intelligence énergétique ne se fait jamais au détriment du confort. Bien au contraire : elle est un facteur de mieux-être quotidien pour les occupants d'un bâtiment. Une démonstration concrète de la complémentarité entre économies et confort est la mission réalisée en 2015 pour le Centre d'Affaires Paris Trocadéro, qui appartient à Union Investment Real Estate. Après une calibration de notre modèle en début d'année, les relevés de consommation énergétique au cours du 3^e trimestre ont montré une baisse significative de la consommation d'énergie frigorifique et de la consommation d'électricité des services généraux à un niveau de confort égal, alors que l'été de 2015 a été un des plus chauds depuis 1990.

Réseaux urbains et optimisation. Une partie non négligeable des économies d'énergie sans travaux que nous proposons à nos clients provient d'une révision de leurs contrats d'énergie. Il s'agit plus particulièrement de la partie fixe de leur facture, celle de l'abonnement, qui dépend notamment de la puissance souscrite auprès du fournisseur d'énergie. Or notre modélisation montre que cette puissance est très souvent surdimensionnée par rapport aux besoins réels d'un client.

Dans le cas d'un réseau urbain de chaleur et de froid qui fournit un bâtiment, la mesure de l'utilisation réelle du bâtiment se traduit par une réduction des besoins énergétiques – donc une consommation moindre de l'immeuble. En réduisant sa puissance souscrite, il libère une capacité de fourniture supplémentaire pour le réseau urbain, ce qui permet à ce dernier de servir davantage de clients et de s'étendre commercialement¹. Les bénéfices de

l'optimisation sont ainsi partagés : des économies pour le client, une opportunité de développement pour le réseau urbain.

Limiter la puissance contractuelle va conduire l'exploitant du bâtiment à mieux gérer les pointes et les situations de crise (canicules et grands froids), avec un impact positif sur la disponibilité du réseau pour le concessionnaire. Par exemple, il recourra au *Free Cooling* (ventilation pour tirer parti du refroidissement nocturne naturel) ou à l'arrêt de l'intermittence en période anormalement froide.

Enfin, le gestionnaire du réseau urbain pourra solliciter de manière optimisée son outil de production, limitant son impact environnemental en assurant un niveau de performance maximal, et en évitant un surinvestissement sur des équipements surcapacitaires.

L'IA ET LES OBJETS CONNECTÉS, UN OUTIL DE DISRUPTION

Notre outil d'IA et d'IOT² apporte une dimension disruptive à l'offre proposée et dans les rapports avec nos clients, majoritairement des propriétaires institutionnels de parcs immobiliers de rapport. D'abord par les résultats : 25 % d'économies d'énergie sans travaux, un temps de retour court de six mois en moyenne, un confort mesuré (voir encadré 2), amélioré et observé par les occupants d'un immeuble. En plus de se démarquer du marché, la proposition instaure aussi un rapport « gagnant-gagnant » entre toutes les parties prenantes : les propriétaires-bailleurs, les gestionnaires et les locataires d'immeubles, les énergéticiens et les mainteneurs des installations d'un bâtiment.

3 - Boîte noire, blanche ou grise ?

Avec l'intégration des deux technologies, l'Internet des objets (IOT) et l'IA, nous avons créé un outil « boîte grise ». Il se distingue d'une boîte noire, où nul ne comprend ce que fait la machine et à quoi correspondent ses algorithmes et ses paramètres numériques en termes physiques et concrets. Il se distingue aussi d'une boîte blanche, un modèle où toutes les lois physiques et les paramètres sont explicites. Dans notre cas, ces paramètres ne sont jamais totalement disponibles de manière réaliste et n'intègrent pas le facteur humain. Ils sont donc inutilisables en mode boîte blanche. Le gris est la couleur la mieux adaptée à notre modèle : nous comprenons l'essentiel des paramètres de notre outil : ils sont traduits en termes et en actions réels, nous permettant d'écarter les anomalies, comprendre comment fonctionne le logiciel et, en conséquence, de mettre en œuvre les actions concrètes.

L'IA nous permet de réaliser des prévisions de consommation d'énergie et de confort afin d'améliorer la qualité des données relevées et d'écarter les aberrations de manière fiable. Cela nous autorise à assurer une qualité de performance énergétique et d'amélioration du confort dans le temps, en diagnostiquant les dérives tout en mettant en place un système

d'alertes. À travers des partenariats conclus avec des universités et des grandes écoles (les ENS Ulm et Cachan, les universités Pierre-et-Marie-Curie, l'École polytechnique, l'université de Paris-Dauphine, l'université Paris-Saclay), nous avons également élaboré des modèles physiques simplifiés et des outils issus du Big Data pour calibrer automatiquement les paramètres de ces modèles, en nous attachant à formuler des typologies, observer les régressions vectorielles, les réseaux bayésiens dynamiques et neuronaux ou encore des chaînes de Markov cachées. Une démarche complexe en apparence, mais efficace et pérenne.

Grâce à un calibrage des paramètres provenant des apports de la Big Data, de la typologie des bâtiments et d'une modélisation physique simplifiée, nous obtenons une précision constatée de 99 % du modèle d'IA d'Oze-Énergies. Dans une démarche de maîtrise de l'énergie et d'amélioration du confort, il s'agit là d'un niveau très élevé d'adéquation entre les économies identifiées et sur une consommation effective. Pour une compagnie aérienne ou une tour de contrôle, 1 % de marge d'erreur serait bien entendu inacceptable. Dans le cas de la conduite d'une installation de chauffage et de climatisation/ventilation d'un immeuble, la performance est superlative. ■

1. Cette opportunité doit s'apprécier en fonction des dispositions de la police d'abonnement souscrite par le client.

2. « Internet of Things » ou objets connectés.



Il rend compatible ce qui était auparavant exclusif :

- ▶ l'amélioration de la performance énergétique en même temps que celle du confort ;
- ▶ l'obtention de ces améliorations sans faire appel nécessairement à des travaux ;
- ▶ la réalisation, sans investissement, des objectifs d'économies d'énergie réglementaires imposés aux propriétaires d'immeubles d'ici à 2020 (- 25 %), tout en préservant leur capacités d'investissement pour les futures rénovations lourdes qui s'imposeront ultérieurement (40 % d'ici 2030).

Approche globale et universelle. Les perspectives ouvertes par l'emploi de l'IA dans la conduite énergétique d'un bâtiment sont également disruptives. Dans notre cas, l'IA nous a permis de formuler une solution globale, qui peut s'appliquer partout dans le monde, car totalement indépendante des normes de construction, d'isolation et d'équipement. De même, cette approche IA est valable pour tout bâtiment, d'un immeuble flambant neuf en matériaux composites à un édifice multiséculaire en pierre de taille.

Enfin, elle nous a apporté l'opportunité de créer de nouveaux emplois, non « ubérisables » : citons ici le terme d'« Intelligence Augmentée », préféré par IBM. Tout comme la mécanisation du début du XIX^e siècle a été le temps du Corps (ou de la Force) Augmenté(e), l'Intelligence Augmentée est un outil qui reste au service d'une intelligence avant tout humaine et, en tant que telle, irremplaçable.

GESTION INTELLIGENTE ET VALORISATION FINANCIÈRE

La qualité des performances énergétiques et de confort participe à l'image positive d'un immeuble au même titre que son adresse ou son architecture. Elle a un impact direct sur sa valeur.

Notre solution crée de la valeur, non seulement pour l'occupant d'un immeuble (souvent un locataire), mais plus encore pour son propriétaire, le bailleur¹.

Daniel Habasque, Directeur technique de Swiss Life REIM (France) et Président du Comité de Développement Durable en témoigne : « Oze-Énergies nous accompagne dans les projets d'optimisation énergétique de plusieurs de nos immeubles de bureaux. Les économies réalisées nous permettent de fidéliser nos locataires et d'améliorer la valeur de nos actifs immobiliers. »

Une analogie historique s'impose ici : celle avec la « démarche qualité » des années 1970. À l'époque, la démarche qualité, qui assurait une meilleure conception et expérience d'un produit ou d'un service, était perçue par de nombreux industriels comme un avantage octroyé sans contrepartie aux clients. De ce fait, ces mêmes industriels n'étaient pas préparés à assumer un surcoût important, jugé d'autant plus inutile qu'il impacterait directement leurs marges bénéficiaires !

RSE et ISR. Tenir ce même raisonnement pourrait tenter encore, aujourd'hui, certains acteurs de l'immobilier : « Après tout, les économies de charges et l'amélioration du confort sont l'affaire de mon locataire et non la mienne, propriétaire-bailleur... Si je ne fais rien, l'occupant ne quittera pas les lieux pour autant »... Mais en tirant les leçons, avec le recul nécessaire, de l'avènement de la démarche-qualité, on observera que ceux qui ne l'ont pas adoptée ou l'ont appliquée trop tard, ont soit disparu soit payé un lourd tribut du fait de leur absence de vision et d'anticipation.

La comparaison est valable avec l'IA appliquée des bâtiments, qui sont désormais les unités de base des *smart cities*. Au-delà même de la création de valeur apportée par l'IA, son utilisation devient une condition même pour accéder au marché immobilier et y prospérer : la performance offerte par des solutions IA s'inscrit désormais en première ligne dans les tendances lourdes des politiques de développement durable urbain, de responsabilité sociétale des entreprises (RSE) et d'investissement socialement responsable (ISR) (voir encadré 3).

En conclusion, les solutions d'intelligence augmentée des bâtiments comme la nôtre placent l'homme au centre de leurs applications. Le confort individuel humain est amélioré, répondant aux priorités de responsabilité sociétale des entreprises notamment envers leurs salariés. Les économies d'énergies et la réduction des émissions des gaz à effet de serre sont au rendez-vous et portent des enjeux éco-citoyens importants, valorisants pour toutes les parties prenantes : le propriétaire de l'actif, les occupants de l'immeuble, leurs visiteurs et la communauté, au sens large, qui vit autour d'un bâtiment. Elles s'intègrent dans l'environnement du client, avec un ROI rapide et important. Cette nouvelle intelligence peut aussi exprimer une dimension artistique, avec une représentation graphique créative de la performance d'un bâtiment en temps réel sur une façade, un mur ou dans un espace¹, participant au bien-être au travail. Gageons que ce n'est qu'un début dans ce domaine d'innovation, où de nouvelles applications et des utilisations insoupçonnées seront au rendez-vous du futur proche. ▲

1. La solution OPTIMZEN EcoArt produit une représentation graphique artistique dynamique, interactive et multimédia de la maîtrise de l'énergie et du confort d'un bâtiment, qui peut être projetée dans un nombre d'espaces différents.